

WSZECHŚWIAT
PISMO PRZYRODNICZE

TOM 87 NR 7—8

LIPIEC—SIERPIEŃ 1986



Wydano z pomocą finansową Polskiej Akademii Nauk

TREŚĆ ZESZYTU 7—8 (2271—72)

David de Wied, Neuropeptydy i psychopatologia. II. Hormony płata nerwowego przysadki mózgowej	145
R. Mańka, Superstruna jako teoria Wszystkiego	149
A. Jędruszak, Jak chroniono pszczoły w dawnej Polsce	150
G. Bartosz, O morzu lipidowym i pływających białkach	153
J. Danowski, Uzyskiwanie energii przez komórki na drodze fosforylacji	157
Nagrody Nobla	
Nagroda Nobla w dziedzinie chemii za r. 1985 (Barbara J. Oleksyn)	161
Rocznice	
Wspomnienie w setną rocznicę urodzin Władysława Szafera (1886—1970) (A. Leńkowa)	170
Rośliny lecznicze polskich lasów	
Dąb szypułkowy <i>Quercus robur</i> L. (W. Jaroniewski)	173
Drobiazgi przyrodnicze	
Dalsza kariera klonidyny (J. G. V.)	175
Szczury jako nosiciele zagłady (J. Latini)	176
Szyszynka a aktywność mózgu (A. Śmiałowski)	177
Kosmaczka modrzewiowa — szkodnik krótkopędów modrzewia (M. Skrzypczyńska)	177
Gen penetracji bakterii do komórki (M. G. V.)	178
Wszechświat przed 100 laty	179
Różnorodności	180
Recenzje	
E. Jońca: Obszary chronione i zabytki przyrodnicze w województwie wałbrzyskim (K. R. Mazurski)	182
Informator Krajoznawczy 1981—1982 (K. R. Mazurski)	182
Phytoalexins (L. Skrzypczak)	183
J. Soják: Rostliny našich hor (E. Czeremańska-Gocławska)	183
A. Leńkowa: Pod znakiem pandy (Z. Głowaciński)	183
P. Colinvaux: Dlaczego tak mało jest wielkich drapieźników (R. Korona)	184
I. I. Duel: Sud'ba fantastycznej hipotezy (W. Mizerski)	184
Kronika	
Kongres Astronomiczny w Indiach (J. M. Kreiner)	185
Otwarcie wystawy „Ewolucja na łąkach” w Warszawie (M. Borsuk- -Białynicka)	187

Spis plansz

- I. POMNIK PROF. WŁADYSŁAWA SZAFERA. Fot. J. Wróbel (do art. A. Leńkowej)
- II. MŁODY KOBUZ. Fot. D. Karp
- III. DĄB SZYPULKOWY. Fot. W. Strojny (do art. W. Jaroniewskiego)
- IV. DINOZAURY NA WYSTAWIE W WARSZAWIE. Fot. W. Siciński i W. Skarżyński (do art. M. Borsuk-Białynickiej)

WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

ORGAN POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA

TOM 87
(ROK 105)

LIPIEC—SIERPIEŃ 1986

ZESZYT 7—8
(2271—72)

DAVID DE WIED (Utrecht)

NEUROPEPTYDY I PSYCHOPATOLOGIA. II. HORMONY PŁATA NERWOWEGO PRZYSADKI MÓZGOWEJ

W pierwszej części artykułu omówiłem efekty psychotropowe neuropeptydów wywodzących się z proopiomelanokortyny. ACTH i pochodne peptydy poprawiały uwagę i motywację, a badania kliniczne wykazały, że silnie działający analog ACTH₄₋₉, związek opisany jako Org 2766, poprawia nastrój, hamuje lęk i polepsza zachowanie społeczne pacjentów, zwłaszcza geriatrycznych. Omówiłem ponadto wpływ endorfin na zachowanie. Niezależnie od działania morfinopodobnego, β -endorfina jest najprawdopodobniej prekursorem neuropeptydów typu γ -endorfin, wywierających działanie podobne do działania neuroleptyków (leków przeciw schizofrenii), oraz typu α -endorfin, wykazujących działanie psychostymulujące.

HORMONY PŁATA NERWOWEGO PRZYSADKI MÓZGOWEJ
(NEUROHORMONY PRZYSADKOWE) A PAMIĘĆ

Jak wspominałem w poprzedniej części, wazopresyna wpływa głównie na pamięć. Hormon ten pobudza konsolidację (scalenie) informacji i odszukiwanie skonsolidowanych informacji. Efekt ten może być bardzo łatwo obserwowany w doświadczeniach, w których badamy tzw. unikanie bierne. Doświadczenie to wykorzystuje wrodzoną preferencję gryzoni do pomieszczenia ciemnego. Urządzenie do badania unikania biernego składa się z dużej zaciemnionej

klatki, połączonej otworem z oświetloną platformą. Podłogę w klatce ciemnej stanowią pręty, do których można podłączyć prąd elektryczny. Normalnie szczur położony na jasną platformę w ciągu kilku sekund wchodzi do ciemnej klatki, jeżeli nie przeżył w niej nieprzyjemnej przygody w postaci niezbyt silnego szoku elektrycznego. Taki właśnie szok otrzymuje on w czasie pierwszej próby (próba uczenia). W czasie następnej próby, próby sprawdzającej (test), przeprowadzonej wiele godzin lub dni po próbie uczenia, mierzy się czas przez jaki zwierzę pozostaje na platformie nie wchodząc do ciemnej klatki (okres latencji). Długość okresu latencji jest miarą tego, do jakiego stopnia zwierzę zapamiętało poprzednie nieprzyjemne doświadczenie. Magazynowanie tej informacji (konsolidacja) ma miejsce w ciągu pierwszych trzech godzin po próbie uczenia. Wobec tego wpływ peptydu na konsolidację mierzymy podając go bezpośrednio po próbie uczenia. Wpływ na przypominanie informacji (odszukiwanie, „odgrzebywanie” z pamięci) mierzymy podając peptyd bezpośrednio przed testem. Bela Bohus wykazał, że wazopresyna działa najsilniej, kiedy poda się ją bezpośrednio przed uczeniem. Jeżeli podanie wazopresyny odłoży się do trzech godzin po próbie, jej efekt znika prawie całkowicie. Jednakże jeżeli poda się ją 23

godziny po próbie uczenia, tzn. godzinę przed testem, odruch unikania biernego jest znów znacznie wzmocniony. Drugi hormon nerwowego płata przysadki mózgowej, oksytocyna, znany przede wszystkim jako czynnik wywołujący skurcz mięśni macicy oraz wpływ mleka w wyniku skurczu gruczołu mlecznego, również oddziałuje na pamięć, ale w sposób przeciwny do wazopresyny. Powoduje on zapomnianie nieprzyjemnych przeżyć w ciemnym pomieszczeniu. Oksytocyna hamuje zarówno konsolidację, jak i odszukiwanie informacji.

Podobnie jak w przypadku ACTH, wpływ wazopresyny i oksytocyny na pamięć i zachowanie jest niezależny od klasycznego działania endokrynnego tych hormonów. Fragmenty cząsteczki wazopresyny i oksytocyny, nie wywierające obwodowego działania hormonalnego, wciąż wpływają na procesy pamięci. Postawiliśmy wobec tego hipotezę, że i te hormony są prekursorami neuropeptydów swoście zaangażowanych w procesy pamięci. Jak to wykazał Peter Burbach, w mózgu rzeczywiście znajdują się enzymy kawałkujące omawiane hormony. Swoistość i siła działania takich fragmentów są obecnie badane i wydaje się, iż nasza hipoteza, że neurohormony przysadkowe są prekursorami neuropeptydów jest, ogólnie rzecz biorąc, prawdziwa.

Dowodów na fizjologiczną rolę wazopresyny w procesach pamięci dostarczyły doświadczenia na szczurach szczepu Brattleboro z wrodzoną moczówką prostą, które nie są zdolne do syntezy wazopresyny¹. Nie tylko wykazują one trudności z uczeniem się unikania bodźców bezwarunkowych w aparacie zwanym „shuttle box”, ale przede wszystkim trudno im zachować wyuczony odruch².

Głębokość uszkodzenia pamięci u szczurów Brattleboro uwidacznia się szczególnie silnie w teście unikania biernego. Nawet bardzo silne uderzenie prądem nie może zapobiec temu, żeby szczury nie wchodziły do ciemnego pomieszczenia, kiedy bada się je dzień, dwa lub trzy po próbie uczenia. Jeżeli jednak test prowadzi się bezpośrednio po próbie uczenia, unikają one ciemnego pomieszczenia równie skutecznie, jak czynią to heterozygotyczne zwierzęta kontrolne. Są więc zdolne do uczenia się, nie mogą jednak zachować wyuczonego odruchu. Jeżeli jednak tym homozygotycznym szczurom z moczówką prostą podać wazopresynę lub jej fragment, des-glicynamido-argini-

nowazopresynę (DGAVP) natychmiast po próbie uczenia, reakcja unikania zostaje zachowana.

Wyniki te sugerowały, że można wywołać podobny typ deficytu pamięci jak obserwowany u szczurów z moczówką prostą przez podanie surowicy przeciw wazopresynie do płynu mózgowo-rdzeniowego normalnych szczurów, aby przejściowo zablokować aktywność biologiczną wazopresyny obecnej w ośrodkowym systemie nerwowym. Tjeerd van Wimersma Greidanus wykazał, że szczury tak potraktowane unikały ciemnego pomieszczenia, w którym otrzymały szok, w okresie od 2 minut do godziny po próbie uczenia. Jednakże w cztery godziny po próbie unikanie było znacznie mniejsze, a 24—28 godzin później praktycznie zniknęło zupełnie. Jak widać u szczurów nie wystąpiło więc zaburzenie uczenia, natomiast doszło do poważnego uszkodzenia pamięci w wyniku przejściowego deficytu wazopresyny. Podana do komór mózgowych surowica przeciw wazopresynie nie wpływała na różne funkcje obwodowe regulowane przez wazopresynę: wydalanie moczu, pobieranie płynów i stężenie wazopresyny w moczu pozostały na normalnym poziomie. Przeciwnie, po podaniu stukrotnie wyższej dawki surowicy dożylnie nie obserwowano żadnych zaburzeń zachowania, natomiast zwiększyło się wydalanie moczu a równocześnie zawartość w nim wazopresyny spadła, najprawdopodobniej w wyniku jej związania przez przeciwciała. Wydaje się wobec tego najprawdopodobniejsze, że w warunkach fizjologicznych zachowanie jest zmieniane w wyniku zwiększonego uwalniania wazopresyny lub spokrewnionych z nią peptydów do mózgu. Wzrost ten może być spowodowany uwalnianiem tych substancji z płata nerwowego przysadki do płynu mózgowo-rdzeniowego, ale prawdopodobniejsze jest, że peptydy te docierają do mózgu w taki sam sposób jak proopiomelanokortyna, poprzez wypustki neuronów peptydergicznych prowadzące do limbicznych struktur śródmózgowia. Jak to wykazał Ruud Buijs i inni badacze, wiele tych neuronów prowadzi z jądra nadwzrokowego i okołokomorowego, w których wytwarzane są neurohormony przysadkowe, i z jądra skrzyżowania, gdzie tworzy się wyłącznie wazopresyna. Uwalnianie wazopresyny z tych neuronów wprost do struktur limbicznych jest skutecznym rozwiązaniem problemu regulowania konsolidacji i wyszukiwania informacji przez peptydy. Gabor Kovács wykazał, że struktury limbiczne są zaangażowane w tych procesach, ponieważ pikogramowe (10^{-9} g) ilości wazopresyny podane na te obszary powodują takie same efekty, jak mikrogramowe (10^{-6} mg) ilości podawane obwodowo (dożylnie).

NEUROHORMONY PRZYSADKOWE, TOLERANCJA I NAŁÓG

Rozwój tolerancji na narkotyki analgetyczne takie jak morfina czy heroina oraz rozwój uzależnienia od nich następuje po przewlekłym

¹ Moczówka prosta jest schorzeniem spowodowanym brakiem wazopresyny. Objawia się wydalaniem olbrzymich ilości moczu (u człowieka do 20 l dziennie) i stałym silnym pragnieniem (przyp. tłum.).

² Aparat „shuttle box” służy do wyuczania odruchu unikania aktywnego. Składa się z dwóch pomieszczeń przedzielonych przegrodą z otworem. W każdym z pomieszczeń można elektryzować podłogę. Przed naelektryzowaniem podłogi bodziec świetlny lub akustyczny (bodziec warunkowy) ostrzeżga zwierzę, że za chwilę podłoga pomieszczenia, w którym się znajduje, zostanie podłączona do prądu (zadziała bodziec bezwarunkowy). Zwierzę powinno w ciągu krótkiego czasu, zazwyczaj 5 s, przejść do drugiego pomieszczenia. Jeżeli to uczyni, uniknie uderzenia prądem, jeżeli nie, może jeszcze uciec, kiedy działa bodziec bezwarunkowy (przyp. tłum.).

Arginino ^o -wazopresyna (AVP)	<u>H-Cys-Tyr-Phe-Gln-Asn-Cys-Pro-Arg-Gly-NH₂</u>
Dezglycynamido-arginino ^o -wazopresyna (DGAVP)	<u>H-Cys-Tyr-Phe-Gln-Asn-Cys-Pro-Arg-OH</u>
Presynamid	<u>H-Cys-Tyr-Phe-Gln-Asn-Cys-NH₂</u>
Prolylo-arginylo--glicynamid (PAG)	H-Pro-Arg-Gly-NH ₂
Oksytocyna	<u>H-Cys-Tyr-Ile-Gln-Asn-Cys-Pro-Leu-Gly-NH₂</u>
Tocynamid	<u>H-Cys-Tyr-Ile-Gln-Asn-Cys-NH₂</u>
Propylo-leucylo-glicynamid (PLG)	H-Pro-Leu-Gly-NH ₂
wazotocyna (AVT)	<u>H-Cys-Tyr-Ile-Gln-Asn-Cys-Pro-Arg-Gly-NH₂</u>

Ryc. 1. Skład aminokwasowy wazopresyny, wazotocyny, oksytocyny i rozmaitych fragmentów tych hormonów

podawaniu wysokich dawek tych substancji. Aby otrzymać ten sam efekt, trzeba podawać stale wzrastające dawki. Rozwój tolerancji na narkotyki jest niekiedy uważany za proces analogiczny do uczenia się. Hipotezę tę potwierdzają spostrzeżenia, że tak uczenie i pamięć, jak rozwój tolerancji mogą być zahamowane przez takie same postępowania. Można wobec tego założyć, że neurohormony przysadkowe są zaangażowane w tolerancję morfinową.

Bill Krivoy i współpracownicy wykazali, że wazopresyna i jej analogi rzeczywiście ułatwiają wystąpienie tolerancji na przeciwbólne działanie morfiny. U szczurów z moczówką prostą wytwarzanie tolerancji było opóźnione, ale można je wywołać podając arginino-wazopresynę (AVP) lub [des-gly-lys⁸]wazopresynę (DGLVP). Badania nad zależnością budowy od działania, które prowadził Jan van Ree, wykazały, że fragmentem oksytocyny szczególnie zaangażowanym w rozwój tolerancji na analogetyki narkotyczne jest jej część przy końcu azotowym, znana pod nazwą MIF-1 (czynnik hamujący uwalnianie hormonu melanotropowego), a poprawniej nazywana PLG (pro-leu-gly-NH₂). Neurohormony przysadkowe nie tylko wpływają na rozwój tolerancji, ale także na fizyczną zależność od morfiny. To samo dotyczy alkoholu.

Zwierzęta mogą rozwinać nałóg, jeżeli są w stanie same pobierać narkotyki lub inne leki powodujące przyzwyczajenie. Szczury, którym zaimplantowano do żyły szyjnej kaniulę, którą mogą podawać sobie heroinę przez naciśnięcie dźwigni, w krótkim czasie stają się narkomanami. Neurohormony przysadkowe wpływają także i na to zachowanie. Codzienne podawania DGAVP hamują samopodawanie heroiny przez szczury. Wazopresyna wywiera długotrwałe efekty tak na samopodawanie heroiny, jak i na odruch unikania. Samopodawanie heroiny jest również zahamowane przez podania do komór mózgowych DGAVP, i to w dawkach znacznie

niższych niż dawki efektywne po podaniu dożylnym. Z drugiej strony, podania oksytocyny nieco nasilają samopodawanie heroiny. Co więcej, podanie do komór mózgowych surowicy przeciw wazopresynie nasila samopodawanie heroiny, podczas gdy nie czyni tego ani surowica kontrolna (od normalnego królika), ani surowica zawierająca przeciwciała przeciw oksytocynie, ani ludzki hormon wzrostu. Sugeruje to modulujące działanie neurohormonów przysadkowych i ich fragmentów na samopodawa-

Tabela 1. Efekty psychotropowe neurohormonów przysadkowych i ich analogów

ACTH, ACTH ₄₋₁₀ , Org 2766	+ motywacja + uwaga + koncentracja
Org 2766	+ nastrój + efekt antydepresyjny + zachowanie społeczne
Wazopresyna	+ procesy pamięciowe (zapamiętywanie)
Oksytocyna	—
Wazopresyna	— rozwój nałogu
Oksytocyna	±
β-endorfina	działanie morfino- podobne (opiodowe)
Endorfiny typu γ (DT _γ E, DE _γ E)	działanie neuroleptyczne (antypsychotyczne)
Endorfiny typu α (DT _α E)	działanie psycho- stymulujące

+ wzmożenie, nasilenie, wystąpienie działania

— osłabienie procesu

± efekt niepewny

nie heroiny. Prawdopodobnie jest to związane z tym, że modyfikują one „nagradzający” efekt narkotyków.

KLINICZNE DZIAŁANIE
NEUROHORMONÓW PRZYSADKOWYCH

Wpływ wazopresyny na pamięć wykazano także u człowieka. Podania wazopresyny do nosa (jest to najlepsza droga podawania leków, jeżeli chcemy, aby dostały się szybko do mózgu) poprawiały uwagę i pamięć u starszych osób z drobnymi zaburzeniami pamięci. Osoby dorosłe normalne lub cierpiące na zaburzenia poznawcze po podaniu analogu wazopresyny, desamino-[D-arg⁸]wazopresyny (DDAVP; sprzedawany jako lek pod nazwą Minrin^R) lepiej przyswajały nowe informacje i wykazywały poprawę ich odszukiwania w pamięci. Pacjenci z moczówką prostą mają nieco zaburzoną pamięć, a poprawić ją można stosowaniem wazopresyny, DDAVP i DGAVP. Liczne prace sugerują, że utrata pamięci w wyniku uszkodzenia mózgu lub nadużycia alkoholu może również być korygowana analogami wazopresyny, ale nie wszystkie doniesienia potwierdzają to. Ostatnio doniesiono o amnestycznym (powodującym zapominanie) działaniu oksytocyny u kobiet dobrowolnie poddających się badaniu³. Wszystkie te dane są dość przekonujące, chociaż potrzebne są jeszcze dalsze informacje aby ocenić znaczenie neurohormonów przysadkowych dla procesów pamięci i uzależnienia lekowego. Należy przy tym pamiętać, że wazopresyna może być aktywna tylko wtedy, gdy jej substrat, a mianowicie kompleks septohipokampalny (hipokamp i przegroda) jest nieuszkodzony. Ta część mózgu jest często zniszczona w wielkim stopniu w chorobie Alzheimera⁴. Z tego też powodu stosowanie wazopresyny w tym schorzeniu zapewne nie okaże się skuteczne. Klinicznie dla leczenia zaburzeń pamięci najkorzystniejsze okaże się prawdopodobnie stosowanie DGAVP, która nie wykazuje obwodowych działań endokrynnych na produkcję moczu i ciśnienie krwi, charakterystycznych dla wazopresyny i DDAVP.

WNIOSKI

Kończąc mój artykuł w 1975 r. sugerowałem, że neuropeptydy pokrewne ACTH i MSH oraz neurohormony przysadkowe są zaangażowane w adaptacje behawioralne, wymuszane na organizmie przez zmiany warunków zewnętrznych. Obecnie wiemy, że istnieje w mózgu sy-

³ Takie działanie oksytocyny mogłoby tłumaczyć fakt, że kobiety po porodzie (w czasie którego wydzielają się bardzo duże ilości oksytocyny) szybko zapominają o związanym z nim bólu (przyp. tłum.).

⁴ Patrz Wszechświat 1984, 85:91.

stem neuroendokrynnym, który tworząc neuropeptydy moduluje uczenie i pamięć, uwagę i motywację, nastrój, lęk, agresję, zachowanie społeczne, głód i pragnienie, zachowanie, sen, i czuwanie. Istnieją także peptydy modulujące uzależnianie się oraz wpływające na rozwój tolerancji na substancje prowadzące do wytworzenia nałogu. Brak tych regulacji peptydowych, występujący np. u szczurów z moczówką prostą, może prowadzić do zaburzeń pamięci i rozwoju tolerancji na związki morfinopodobne (opioidy).

Pamiętając o tym można przyjąć, że zaburzenia tworzenia neuropeptydów w mózgu ludzkim i zwierzęcym mogą wywołać nienormalne zachowanie. Zaburzenia takie mogą być albo wrodzone, bądź nabyte w wyniku zatrucia, urazu, zakażenia czy starzenia się. Można więc stawiać sobie pytanie, czy zaburzenia systemu neuroendokrynnego w mózgu nie mogą być powodem zmian wynikłych wskutek nadużywania alkoholu, amnezji obserwowanej po urazach mózgu, lub zmian zachowania występujących po przebytych zapaleniu opon mózgowych. Temat ten wymaga oczywiście bardziej rozległych badań, ale już obecnie wydaje się, że neuropeptydy mogą wywierać korzystny efekt w niektórych przypadkach zaburzenia pamięci w wyniku alkoholizmu, uszkodzeń mózgu lub starzenia się. Efekty antypsychotyczne endorfin typu γ sugerują także, że pewne procesy psychopatologiczne mogą być powodowane przez zaburzenia systemów neuropeptyderygicznych w mózgu. Procesy te możemy traktować jako schorzenia neuroendokrynnego, które mogą być leczone w podobny sposób, jak inne choroby endokrynnego, takie jak obrzęk śluzowy czy cukrzyca. W tym leży nasza nadzieja na to, że w przyszłości będzie można wprowadzić bardziej racjonalne metody psychoterapeutyczne niż stosowane obecnie.

Tłum. J. Vetulani

Prof. David de Wied, prezes Holenderskiej Akademii Nauk, pionier badań nad ośrodkowym działaniem peptydów, jest profesorem farmakologii na Wydziale Lekarskim i dyrektorem Instytutu Farmakologii im. Rudolfa Magnusa w Państwowym Uniwersytecie w Utrechcie. Prof. de Wied jest m. in. redaktorem naczelnym jednego z najpoważniejszych czasopism farmakologicznych *European Journal of Pharmacology*. Wśród licznych międzynarodowych zaszczytnych wyróżnień prof. De Wieda należy wymienić honorową profesurę farmakologii na Wydziale Medycznym Uniwersytetu w Toronto (Kanada) oraz doktoraty *h.c.* Uniwersytetu w Szeged (Węgry) oraz Uniwersytetu Stanu Nowy Jork w Binghamton (USA).

RYSZARD MAŃKA (Katowice)

SUPERSTRUNA JAKO TEORIA WSZYSTKIEGO

Na pierwszy rzut oka zmiana wydaje się trywialna, a nawet nierozsądna. Zamiast opisywać fundamentalne cząstki, takie jak kwarki, neutrina, elektrony jako bezwymiarowe punkty, nowa teoria opisuje je jako wzbudzenia elementarnej struny. Jednak ta teoria wydaje się szczególnie interesująca, gdyż jest wolna od nieskończoności i niespójności (tzw. anomalii), które były plagą kwantowej teorii pola od chwili jej narodzin w latach trzydziestych. Co więcej daje ona fizyce teoretycznej jej kamień filozoficzny — skończoną kwantową teorię grawitacji. Teoria struny powstała w 1970 roku, gdy Y. Nambu skonstruował dualny model rezonansowy, starający się opisać cząstki silnie oddziałujące takie jak protony, neutrony czy mezony π . Cząstka mezon π była przedstawiona jako delikatna struna o długości około 10^{-13} cm, łącząca kwark z antykwarkiem. Struna ta mogła kręcić się, drgać i chłostać swoimi końcami z prędkością światła. Tak więc drgająca struna mogła być interpretowana jako wzbudzenie cząstki.

Model ten był bardzo popularny w latach siedemdziesiątych, miał jednak kilka wad. Po pierwsze, w ten sposób można było opisać tylko niektóre hadrony, takie jak mezon π czy ρ . Nie dało się opisać nim fermionów, czyli cząstek o spinie (moment pędu cząstki w układzie, w którym spoczywa) połówkowym, takich jak proton czy neutron. Po drugie, model ten dawał cząstkę poruszającą się z prędkością stale większą od prędkości światła, tachion. Po trzecie, teorię struny dawało się pogodzić z mechaniką kwantową wtedy i tylko wtedy, gdy czasoprzestrzeń była 26-wymiarowa, a nie tak jak nasza skromna 4-wymiarowa czasoprzestrzeń.

W 1976 roku fizyk pochodzenia francuskiego J. Scherk zauważył, że model struny mógłby również opisywać fermiony, gdyby każdemu bozonowi (cząstce o spinie całkowitym) odpowiadał fermion. Było to wprowadzenie do teorii symetrii między fermionami a bozonami, nazywanej supersymetrią. Strunę o takiej symetrii nazywamy superstruną. W połowie lat siedemdziesiątych J. Schwarz i J. Scherk odkryli pracując razem, że w widmie cząstek teorii superstruny występuje cząstka bezmasowa o spinie 2. Szybko uprzytomnili sobie, że mógłby to być grawiton, kwant fali grawitacyjnej. Fakt ten rzucał zupełnie nowe światło na teorię struny. Włączała ona więc również oddziaływanie grawitacyjne!

Oddziaływanie silnie sugerowało, że struna ma rozmiary rzędu jądra atomu (10^{-13} cm), podczas gdy charakterystyczna odległość dla kwantowej grawitacji to 10^{-33} cm. Uświadomiwszy to sobie, Schwarz i Scherk odrzucili starą interpretację dualnego modelu rezonansowego. Od tego momentu teoria superstruny przestała opisywać rozciągnięte hadrony, a zaczęła opisywać uważane za punktowe cząstki fundamentalne,

takie jak elektrony czy kwarki. W 1981 roku radziecki fizyk A. M. Poliakov wykazał, że teorię superstruny da się pogodzić z mechaniką kwantową, gdy będzie zanurzona w 10-wymiarowej czasoprzestrzeni. Na początku lat osiemdziesiątych zaczęto przypuszczać, że teoria ta może być wolna od nieskończoności, plagi kwantowej teorii pola, oraz mogłaby być teorią unifikującą wszystkie siły przyrody. Teoria superstruny stała się wielką nadzieją i zaczęła skupiać uwagę fizyków, gdy w lecie 1984 roku J. Schwarz i M. Green udowodnili, iż jest nie tylko wolna od nieskończoności, lecz również od niezgodności, anomalii.

Anomalie są efektami kwantowymi, które łamią takie święte prawa zachowania jak prawo zachowania energii, pędu czy ładunku elektrycznego. Są one niestety ciągle istniejącą groźbą w teoriach, w których nie jest zachowana parzystość (cząstki kręcące się zgodnie z wskazówkami zegara rządzone są innymi prawami, niż cząstki kręcące się w przeciwnym kierunku). Tak więc dla przykładu, aby usunąć anomalie w teorii słabych oddziaływań (np. rozpad β) fizycy przewidzieli istnienie kwarku z powabem, zanim go odkryto. Teoria superstruny stawała się wolna od anomalii tylko wtedy, gdy generowała grupę wielkiej unifikacji $SO(32)$ lub $E_8 \times E_8$. Niedrgający stan podstawowy struny jest odpowiednikiem teorii pola bezmasowych punktowych cząstek, takich jak kwanty pola cechowania (uogólnienie fotonu, który jest kwantem pola cechowania o bardzo prostej grupie $U(1)$ lub inaczej pola elektromagnetycznego), czy pola grawitacyjnego. Obie grupy $SO(32)$, $E_8 \times E_8$ zawierają w sobie całą znaną obecnie fizykę (model standardowy z symetrią $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$).

W 1985 roku powstaje model superstruny heterotycznej, skonstruowany przez D. Grossa wraz z kolegami z Princeton. Był to pierwszy model superstruny, który włącza w siebie symetrię $E_8 \times E_8$. Model ten opisuje tylko struny zamknięte. Zawierają one dwa typy wzbudzeń. Wzbudzenia, które poruszają się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, zanurzone są w 10-wymiarowej czasoprzestrzeni, podczas gdy wzbudzenia poruszające się w przeciwnym kierunku zanurzone są w 26-wymiarowej czasoprzestrzeni. To przesunięcie między typami drgań uzasadnia nazwę struny. Asymetrię między liczbą stopni swobody bozonowych i fermionowych można usunąć, zakrzywiając silnie 16 wymiarów bozonowych i pozostawiając 10 wymiarów płaskich. Procedurę tę nazywamy zwarceniem. Przypomina ona zwinięcie w cienki rulon płaskiej, dwuwymiarowej kartki papieru. Po takim zwinięciu rulon jest tworem jednowymiarowym (pomijając jego promień). Jeden z dwu wymiarów przestrzeni płaskiej zniknął. Jednak pozostała po nim symetria, w przypadku zwiniętego rulonu jest to symetria obrotowa. Ta symetria oznacza istnienie zwią-

zanych z nią liczb kwantowych. Dla struny heterotycznej 16 z 26 wymiarów bozonowych zwinięte jest w torus, który dopuszcza praktycznie tylko jedną symetrię cechowania $E_8 \times E_8$. Struna heterotyczna będzie więc niosła liczby kwantowe tej grupy. Wzbudzenia bezmasowe struny odpowiadają teorii supergravitacji sprzężonej z teorią pól cechowania o symetrii $E_8 \times E_8$. Teoria ta jest wolna od nieskończoności i anomalii. Jej konsekwencją miałyby być siły całej przyrody.

Teoria ta jednak opisuje świat z czasoprzestrzenią 10-wymiarową, a my żyjemy przecież w 4-wymiarowym świecie. E. Witten wraz z kolegami z Princeton uważa, że w pewnym okresie ewolucji 10-wymiarowego wszechświata nastąpiło spontaniczne zakrzywienie się 6 wymiarów (uzwarcenie = kompaktifikacja), podczas którego jedna z symetrii E_8 została złamana do E_6 . Właśnie 9 lat temu proponowano E_6 jako grupę najbardziej obiecującą dla skonstruowania wielkiej unifikacji. W 1985 roku ten sam E. Witten z kolegami pokazał, że w oparciu o złamanie E_8 do E_6 zbudować można skończoną teorię unifikacji zawierającą 4 rodziny fermionów.

Według A. Gutha, twórcy modelu inflacyjnego wszechświata, właśnie to złamanie symetrii było przyczyną gwałtownego stadium ekspansji wszechświata. Wszecławiat, będący obiektem kwantowym, podczas złamania symetrii E_8 uległ spontanicznie przejściu fazowemu. Pojawił się pęcherzyk nowej fazy E_6 , który wzrastał eksponentalnie, według tego samego prawa co wzrost cen (stąd nazwa tej ery, jako ery wszechświata inflacyjnego), aby osiągnąć ta-

kie rozmiary, że nam, żyjącym w jego środku, wydaje się nieskończony. Pozostaje jednak drugi element z $E_8 \times E_8$, grupa E_8 , która być może nie została złamana. Opisuje ona inny świat, świat „cienia”, gdzie materia „cienia” oddziałuje z naszą materią tylko grawitacyjnie. Może nas przyciągać, ale nie możemy jej zobaczyć ani dotknąć (wszystko to są oddziaływania elektromagnetyczne włączone przeciw w E_6). Znaczną częścią materii w kosmosie jest tzw. czarna materia, nieobserwowana bezpośrednio przez astronomów. Istnieje wielu kandydatów do tego, by być tą czarną materią. Teraz jednym z pretendentów jest również materia drugiego E_8 , materia „cienia”. Jednakże rozważania kosmologiczne sugerują raczej, że nie jest ona zbyt obfita. E. Witten przypuszcza, że materia „cienia” może formować kosmiczną strunę, działającą na naszą normalną materię grupy E_6 jak soczewka grawitacyjna. Takie kosmiczne struny, niekoniecznie zbudowane z materii „cienia”, mogły powstać w konsekwencji inflacyjnego przejścia fazowego, i jak twierdzi radziecki astrofizyk Y. B. Zeldowicz wraz z Amerykaninem Vilenkinem, są przyczyną powstania galaktyk. Niemniej faktem jest, że galaktyki tworzą ogromne, liczące dziesiątki tysięcy galaktyk superklastery, z których jeden w gwiazdozbiorze Perseusza jest długą, cienką nicią.

Dr Ryszard Mańka jest adiunktem w Zakładzie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.

Science 1985, 229:1251

Nature 1985, 314:409 i 415

ANDRZEJ JĘDRUSZUK (Swarzędz)

JAK CHRONIONO PSZCZOŁY W DAWNEJ POLSCE

*Pszczoła jest robaczek szlachetny, a latający,
... jest robaczek chędogi, a w dobrej woni rad
się kocha...*

Stefan Falimirz Ogród zdrowia, 1534

Dzisiejsza gospodarka pasieczna w Polsce, podobnie jak na całym świecie, często staje wobec problemu ochrony pszczół, od których w znacznym stopniu zależą plony w rolnictwie. Głównym zagrożeniem dla naszych skrzydlatych sprzymierzeńców jest — oprócz chorób i ubytku bazy pożytkowej — także dynamiczna urbanizacja, rozwój przemysłu i szerokie stosowanie chemicznych środków ochrony roślin. Pociąga to za sobą często nieprzewidziane, tragiczne dla tysięcy rojów zaturcja.

Czy potrzeba ochrony pszczół jest problemem nowym, współczesnym, czy też podobne kłopoty trapiły już dawnych bartników? Odpowiedź na to pytanie można znaleźć we fragmentach starej literatury pszczelarskiej i prawnej. Okazuje się, że zagadnienie

ochrony pszczół sięgało swoją genezą początków rozwoju gospodarki pasiecznej i towarzyszyło jej stale na przestrzeni wieków. Oczywiście, problem ten wynikał z zupełnie innych przyczyn niż obecnie i dlatego wydaje się celowe przedstawienie praw zwyczajowych oraz cytatów z kodeksów bartnych, związanych z ochroną pszczół w dawnej Polsce.

Ziemię polskie, porośnięte od prawników puszcza obfitującą w pożytki pszczele, sprzyjały rozwojowi bartnictwa. Produkcja miodu i wosku, artykułów cennionych i poszukiwanych, starczała na zaopatrzenie kraju i znaczny eksport. Dzięki temu ceniono pszczoły z gospodarczego punktu widzenia, pomimo, że nie znano ich roli w zapyłaniu roślin. Powszechny szacunek budziła pracowitość tych owadów oraz fakt wykorzystywania wosku w liturgii kościelnej. Przyczyny te stawały problemem opieki nad rozwojem bartnictwa i potrzebę ochrony pszczół w centrum zainteresowania właścicieli dóbr ziemskich, a nawet monarchów.

Jednym z głównych zagadnień była ochrona drzew bartnych. Miały one znaczną wartość i dlatego daw-

ne prawodawstwo przewidywało szereg kar za porąbanie, uszkodzenie, podpalenie drzewa bartnego, a nawet za podoranie jego korzeni. Obszernie mówi o tym „Statut Wielkiego Xięstwa Litewskiego” wzorowany na Statucie Wiślickim Kazimierza Wielkiego z 1347 r. i na Statucie Warckim Władysława Jagiełły z 1423 r. Czytamy w nim:

Rozdział dziesiąty — „O Puszczy, o Łowy, o Drzewo Bartne, o Jeziora, i o Sianożęci”.

Artykuł III. 3. — „O Barcie, o Jeziora, Sianożęci, kto ma w czyiey Puszczy”.

§ 3. „A gdy Puszczyą swą roztrzębiać zechce [właściciel] nie ma Barciom i drzewu bartnemu żadney szkody czynić”.

§ 4. „A jeśli by kto niwę rozrabiając czyje drzewo bartne, albo na Barć uczynione, kremne¹, albo z Pszczolami, i bez Pszczół oczerł, albo pożarem opalił, i szkodę jaką temu drzewu uczynił, z czego by to drzewo miało schnąć; ten temu, czyiemu drzewu szkodę uczynił, za to powinien będzie płacić według ustawy Naszey niżej opisaney. A gdy na czym polu cudze drzewo bartne będzie, ten orząc to pole swe nie ma cudzego drzewa bartnego blisko podorywać, tak jakoby od sochy osnem² drzew dosięgnąć nie mógł.

§ A jeśli blisko to drzewo podorze że to drzewo dla tego uschnie, tedy ten powinien będzie za to drzewo zapłacić według ustawy niżej opisaney.”

§ Jeśli kto z Pszczolami Barci podetnie, ukrzywdzonemu grzywnę, a Urzędowi drugą płacić ma, a jeśli tylko drzewo do Pszczół nagotowane, pułgrzywny stronie, a drugie Urzędowi.”

Artykuł XIII. 13. — „Ustawa drzewu bartnemu.”

§ 1. „Ktoby cudze drzewo bartne, z Pszczolami Sosnę, albo Dąb, albo insze drzewo Bartne zepsował, korzeń w ziemi urąbał, albo pożarem upalił, albo jakkolwiek nie umyślnie za przygody popsował, ten za każde drzewo z Pszczolami będzie powinien płacić po dwie kopy groszy, a za wyrąbane bez Pszczół kopę groszy...”

Były to dotkliwe kary, bowiem, dla porównania, w owych czasach wół kosztował dwie kopy groszy, wieprz-tucznyk — kopę groszy, ptactwo domowe — 2—3 grosze, a miednica miodu lub masła — kopę groszy. Podobnie przeciwdziałano niszczeniu drzew bartnych na podstawie zwyczajowego prawa obelnego w Jedlni koło Radomia oraz w oparciu o „Prawo Bartne” napisane „dla Kurpi Mazowieckich” przez Krzysztofa Niszczycykiego w 1559 r.

Postępujący rozwój hutnictwa, który przyczynił się do pożarów i niszczenia Puszczy Świętokrzyskiej, spowodował wydanie przez Marcina Szyszkowskiego, biskupa krakowskiego, przywileju dla bartników klucza kieleckiego, w którym przykazano „rudnikom”, aby „pod drzewami, gdzie są pszczoły, ról nie kopali, węgla nie kurzyli, krzaków pod takim drzewem na łuczywo nie podcinali pod winą 20 grzywien”.

Najsurowszą karę za zniszczenie drzewa bartnego przewidywała Ustawa sejmu brzeskiego z 1512 r. „... a chto za pczolami derewo poseczet, tego na szymbenicu...”

W przypadku przewrócenia się drzewa bartnego pod wpływem wiatru lub ze starości, kodeks bartny przewidywał możliwość wykorzystania części pnia z dzieńią³ do dalszego trzymania pszczół. Odnosi się do tego m. in. paragraf Statutu Wielkiego Xięstwa Litewskiego:

„A gdy drzewo, w którym Barć ich będzie, obali się z Pszczolami, albo i bez Pszczół, wolno im ul z Barcią wypuścić i wywieść...”

¹ drzewo kremne — drzewo z barcią zawierającą plastry wosku.

² osno — część robocza ryłca sochy.

³ dzieńia — wydrążone w drzewie pomieszczenie dla osadzenia w nim rodziny pszczelej.

Wykorzystanie barci ze zniszczonych drzew potwierdza także przywilej Zygmunta III z 20 XII 1630 r. dla bartników nowogrodzkich. Głosi on m. in.:

„Tak sośnie, albo pszczoły suche, wywrotne, złamane i jakikolwiek sposobem zepsowane z barciami swojemi do domów swoich albo miejsca na to sposobne brać, wieź i stawiać, gdzie się komu podoba, wolno im (bartnikom) być ma...”

Najcięższe kary (łącznie z karą śmierci) stosowano za kradzież pszczół, a także za podbieranie miodu z cudzych pni. W ten sposób przede wszystkim piętnowano zwykle złodziejstwo, ale zapewne starano się także uchronić pszczoły przed nadmiernym ubytkiem zapasów, co mogłoby prowadzić do ich wyginiecia.

Na pograniczu Polski i Białorusi bartnicy twierdzili: „Gdy złodziej wydarłszy⁴ z barci plastry miodu sprawi, że rój odpadnie, popełnia przestępstwo równe zamordowaniu człowieka i winien być powieszony na tej samej sośnie”.

Na Kurpiach, podobnie jak wśród Niemców w powiecie bytowskim i łębskim istniało prawo, które za kradzież miodu z barci przewidywało dla sprawcy karę śmierci na szubienicy lub wyprucie jelit i powieszenie (według kodyfikacji prawa bartnego Stanisława Skrodzkiego z Kolna wydanej dla starostwa łomżyńskiego w 1616 r.). Z czasem srogość kar za wydarcie pszczół z barci lub podbieranie miodu złagodniała. W 1616 r. i 1620 r. urząd obelny w Jedlni za targnięcie się na cudze pszczoły nakazywał tylko przeproszenie „okrom win żadnych” (później, w 1766 r. poza grzywną pieniężną przywrócono także chłostę).

Ochrona pszczół polegała również na zakazie ich wykurzania z zajmowanego siedliska. Dobrze zdawano sobie sprawę, jak trudno jest, przy ówczesnej technice hodowli, ponownie osadzić pszczoły w barci. Mówi o tym cytat ze zwodu (zbioru) praw bartnych S. Skrodzkiego:

„Zwykli niektórzy bartnicy... pszczoły świeżo osiadłe z dzieńi wykurzać... co jest rzecz plugawa, nie tylko ludziom, ale i Panu Bogu obmierza, a takowi ledwie co nie za złodziejów rozumiani być mają, gdyż przesmerdziwszy dymem dzieńie trudno się w takowe dzieńie bartnik ma dorobić pszczół”.

„A tak ktoby ważył się komu z dzieńi pszczoły wykurzać, a byłby nań pewny dowód, takowy ma być do twierdzy osadzony a nie puszczoney, aż staroście tamecznemu zapłaci winy trzy grzywny polskie, sądowi bartnemu grzywnę jedną, a bartnikom dwie beczki piwa, oprócz żadney folgi. A jeśli by się tego drugi raz czynić ważył, takowy ma być z puszczy wywołany⁵, a bór innemu ma być dany”.

W wiekach XVI i XVII w związku z licznymi wojnami nasiliły się przemarsze wojsk przez puszcze i lasy. Groziło to znacznym zniszczeniem drzewostanu, a ponadto rabunkowym, niekontrolowanym wykorzystaniem z produktów pszczelich. Mogłoby to z pewnością osłabić i tak rzadko dogłądane w „wojennym czasie” roje. Aby położyć kres niszczeniu borów i barci przez wojsko wydano szereg ustaw. M. in. za czasów Zygmunta Starego na sejmie brzeskim w 1512 r. „do karności wojskowej dopisano: leziw czyli krzesielek, albo składanych drabinek do podbierania pszczół w całym wojsku mieć nie można...”

Podobne przestrogi znajdują się także w aktach wojskowych hetmanów Zebrzydowskiego i Zamoyskiego z lat 1561, 1583 i 1593:

⁴ wydrzeć — (tutaj) wykraść, zabrać.

⁵ wywołany — wygnany.

„Pacholki, których w pasiekach pszczoły podbierając albo drąc zastano mają zaraz szubienicą karać, a ta wymowa nie ma im nic pomóc, że mu pan kazał, gdyż we złej rzeczy nie ma pana słuchać“.

Wielu kłopotów dostarczały dawnym pszczelarzom zwierzęta licznie zamieszkujące lasy i czyniące znaczne szkody w borach bartnych. Jak podaje J. Lelewel w dziele „Bartnictwo w Polsce“

„Właściciel boru musiał barć i drzewo jej szanować, musiał dopuszczać iżby właściciele barci zabezpieczali swe pszczoły od szkód jakie ptastwo lub zwierzęta sprawić mogły, i dozwalać tępienia tych szkodliwych stworzeń“.

Największym amatorem miodu był oczywiście symbol łakomstwa — niedźwiedź. O skali problemu robienia barci i niszczenia pszczoł przez misie świadczy fakt, że pomimo, iż była to zwierzyzna królewska, to za Mieszka Starego (1173—1177) „Wolno było niedźwiedzia szkody w pszczołach sprawującego zabić...“ (wg J. Lelewela *Bartnictwo w Polsce*).

Pszczoły chroniono też przed innymi szkodnikami. Ciekawy instruktaż w formie rysunków pouczających o wrogach pszczoł i ich zwalczaniu można znaleźć w książce Olaus Magnusa pt. *Historia de gentibus septentrionalibus* wydanej w Rzymie w 1555 r. Dzieło to ukazuje m. in. motywy pszczelarstwa słowiańskiego, prawdopodobnie z terenów Podola. Zamieszczone drzeworyty przedstawiają także nieprzyjaciół rodziny pszczelej — szczura, niedźwiedzia, jaskółkę i barciaka⁶. Jedna z rycin pokazuje sposoby zabezpieczenia barci przed niedźwiedziem: samobitnie z ostrymi kolcami, pułapki w formie beczki, do której zwierzę zwabiano przynętą oraz jamy-doły łowieckie kopane w pobliżu pasieki.

W miarę stopniowego niszczenia lasów następował upadek bartnictwa. Pnie pszczele przenoszono w pobliże siedzib ludzkich i w ten sposób rozwinęło się pasiecznictwo przyzagrodowe. Jednak mimo znacznie lepszych warunków dozoru i opieki nad pszczołami, problem ochrony pożytecznych owadów był nadal aktualny.

W trosce o zabezpieczenie rojów przed szkodliwym wpływem sąsiedztwa ludzi i zwierząt gospodarskich literatura pszczelarska podawała szereg zaleceń dotyczących usytuowania pasieki. Piotr Crescentyn w dziele *Opus ruralium commodorum libri XII* drukowanym po raz pierwszy w Augsburgu w 1471 r. (polskie wydanie w 1549 r.) radził, aby ule stawiać w ogrodzie „tam, gdzie by słońce dochodziło, a wiatry zimne nie szkodziły, żeby krowy, owce i kozy nie zakłócały spokoju pszczoł“⁷. Rozumiano powszechnie, że warunkiem sprzyjającym rozwojowi pasiek jest konieczność zapewnienia pszczołom spokoju zwłaszcza zimą. Starano się tak ule lokować i zabezpieczać, aby zwierzyzna domowa nie miała do nich dostępu.

Rozwój miast i osiedli już w XVIII w. przyczyniał się do zanieczyszczenia środowiska naturalnego i stanowił zagrożenie dla pasiek. Stąd szereg zaleceń i przestróg pochodzących od autorów z epoki oświecenia. Np. K. Kluk 1739—1796) propagował ustawienie pszczoł z dala od uczęszczanych dróg i kuźni, bowiem „częścią kurzawy szkodzą im w robocie, częścią kołatanie ocucając (je) zimą, sprawiają to, że więcej trawią“.

⁶ barciak *Galleria mellonella* (motylca, mól barciak); drobny motyl nocny z rodziny omacniówek; gąsienice żywią się woskiem pszczelim oraz odpadkami organicznymi w ulach i niekiedy powodują znaczne szkody w pasiekach.

Autor *Gospodarstwa z 1787 r.* ostrzegał, by ule z pszczołami stały z dala „od brzydkich smrodów, psiarni, łaźni, jako też dymu z pieców i powstającego na drogach kurzu“.

Właściciel klucza abelskiego w *Instruktarzu czynności ekonomicznych z 1781 r.* zabraniał swej służbie „...blisko pszczoł... ścierw wyrzucać“, gdyż „... najmniejszy fetor uczucia przynosi wielką zarzę do ich [pszczoł] gromadki tak dalece, że niepostrzeżenie giną i odpadną“.

W ochronie pszczoł ważną rolę pełniły wierzenia ludowe i zwyczajowe prawo wsi polskiej. Chłopi uważali pszczoły za istoty nadprzyrodzone, posiadające boskie cechy. Takie przekonanie wiązało się z licznymi legendami: o pochodzeniu pszczoł z głowy Boga, o stworzeniu pszczoł przez Jezusa, o pszczołach — obrończyniach Hostii i innymi. W Krakowskim i Kieleckim mówiono o pszczołach „boże robaczki“. „Nie godzi się kłąć na pszczoły, bo one mają taką duszę jak człowiek“ — zanotował O. Kolberg.

Za wielkie przestępstwo uważano zabijanie nawet pojedynczych pszczoł i karano za to srogo. Jak pisze L. Karłowicz „w dziewiętnastowiecznej Galicji kogo na podobnym występku schwymano lub czyn ten mu udowodniono, tego karał publicznie sąd gromadzki licznymi plagami w różnych miejscach wsi i pod figurami lub też gromada rozdzielała mu kolejne razy na osiedlu wójtowskim“. Ten sam autor podaje, że tamtejsi ludzie mówili „Ciek, co zabija robocka, co robi wosk na świece do kościoła, strasznie grzęsy i łatwego godny jest wielgi kary“.

Na Wołyniu prastara cześć dla pszczoł sprawiała, że „...pszczoły w szczególnem są u nich poszanowaniu i za grzech uważają zabicie, nawet i w obronie od żądła tego pożytecznego owadu“ (*Bartnik Postępowy* 1877).

W wieku XVIII coraz powszechniej rozumiano potrzebę ochrony pszczoł. Świadectwem tego jest wydany w 1775 r. zbiór ustaw cesarskiej austriackiej Marii Teresy. Wprawdzie nie odnosi się on bezpośrednio do terenów polskich, ale fragmenty z patentów cesarskich warto przypomnieć z tego względu, że jak twierdzi K. Rozpara „...dotychczas w orzecznictwie sądowym i administracyjnym dotyczącym pszczelarstwa... powołujemy się na prawo zwyczajowe wywodzące się z ustaw Terezyańskich z 1775 r.“ We wstępie zbioru czytamy:

„Pszczelnictwo, w którym nie jeden z pracowitych poddanych najczystsze i najpewniejsze źródło swoich datków na potrzeby państwowe znajduje, wzbudziło w Nas macierzyńską pieczołowitość; postanowiliśmy tedy zwrócić Naszą szczególną uwagę na tę ważną gałąź zarobkowania i stopniowo we wszystkich naszych prowincjach ją rozkrzewiać; zatem z jednej strony dawać pomoc potrzebną, z drugiej strony zaś usuwać wszelkie przeszkody, któreby wzrostowi pszczelnictwa stały w drodze.“

W innym fragmencie ustawa z całą stanowczością chroni życie pszczoł następującym paragrafem:

„Zakazuje się pod karą zapłacenia szkody w dwójnasób, pszczoły cudze pod jakimkolwiek pozorem niszczyć; a to tyczy się nawet pszczoł rabujących; albowiem są inne środki zaradcze chronienia własnych pszczoł od rabunku.“

Obecnie wiedza o pożytecznej roli pszczoł jest powszechna i przypadki świadomego lub bezmyślnego niszczenia tych owadów należą do rzadkości. Znaczny ubytek zwierząt w lasach, a także warunki hodowli zwierząt gospodarskich w obrębie pomieszczeń i za-

gród sprawiły, że zagrożenie dla pasiek od tej strony jest znikome.

Zagadnienie ochrony pszczół jest jednak nadal aktualne, a wobec wzrastającej chemizacji rolnictwa i zniszczenia środowiska przez przemysł staje się problemem znacznie większej rangi niż dawniej. Należy wykorzystać wszystkie dostępne środki, aby konty-

nuować chlubne tradycje w dziedzinie popierania rozwoju pszczelarstwa i ochrony pszczół.

Lekarz wet. Andrzej Jędruszek pracuje w Zakładzie Badań Chorób Owadów Użytkowych w Instytucie Weterynarii w Swarzędzu.

GRZEGORZ BARTOSZ (Łódź)

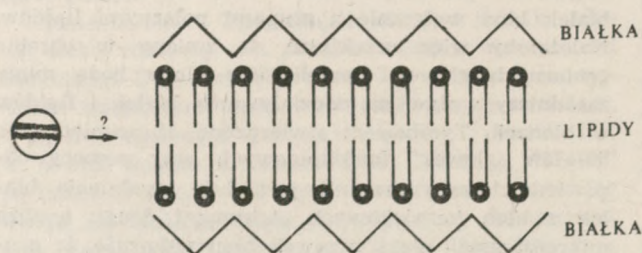
O MORZU LIPIDOWYM I PŁYWAJĄCYCH BIAŁKACH

Schematyczny rysunek komórki eukariotycznej to kontur błony plazmatycznej, zarys jądra i innych organelli, coś w rodzaju worka z kilkoma elementami w środku. Schemat taki wprowadza w błąd przynajmniej pod jednym względem: co do udziału błon w strukturze komórki. Bardziej realistyczny byłby może rysunek komórki jako tworzącego gąbczastego, przerniętego na wskroś siecią różnych błon, rozpoczynającą się od zewnętrznej błony plazmatycznej, a kończącą na otoczce jądrowej.

Błony pełnią różnorodne, a bardzo istotne funkcje w komórce. Błona plazmatyczna odgranicza komórkę od otoczenia, umożliwia utrzymanie środowiska wewnętrznego odmiennego od środowiska zewnętrznego komórki, a równocześnie zapewnia dopływ i usuwanie metabolitów oraz odbiór bodźców ze środowiska i ewentualne przekazywanie sygnałów innym komórkom. Błona lizosomalna „trzyma na uwięzi” enzymy zdolne do strawienia komórki. Struktury błoniaste chloroplastów i mitochondriów są miejscami, w których zlokalizowane są procesy magazynowania energii światła w związkach organicznych i jej uwalniania. Otoczka jądrowa zapewnia należyłą izolację i odpowiednio „warunki do pracy” komórkowemu „ośrodkowi dyspozycyjnemu”, umożliwiając przy tym przepływ „dyspozycji” do cytoplazmy.

Nic więc dziwnego, że problem, jak zbudowane są błony komórkowe jest jednym z zasadniczych zagadnień biologii komórki. Mimo różnorodności funkcji wszystkie błony komórkowe posiadają, jak się okazało, wspólny plan budowy (ewolucja skrupulatnie i konsekwentnie wykorzystuje swoje udane wynalazki, których znakomitym przykładem jest kod genetyczny. Powszechność podstawowego planu organizacyjnego błony komórkowej świadczy, że był on ważnym i cennym wynalazkiem wczesnego stadium ewolucji biologicznej).

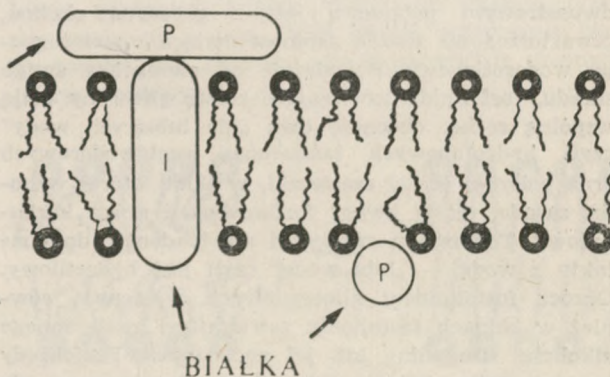
Jaki jest ten wspólny plan budowy błon? Wyda-



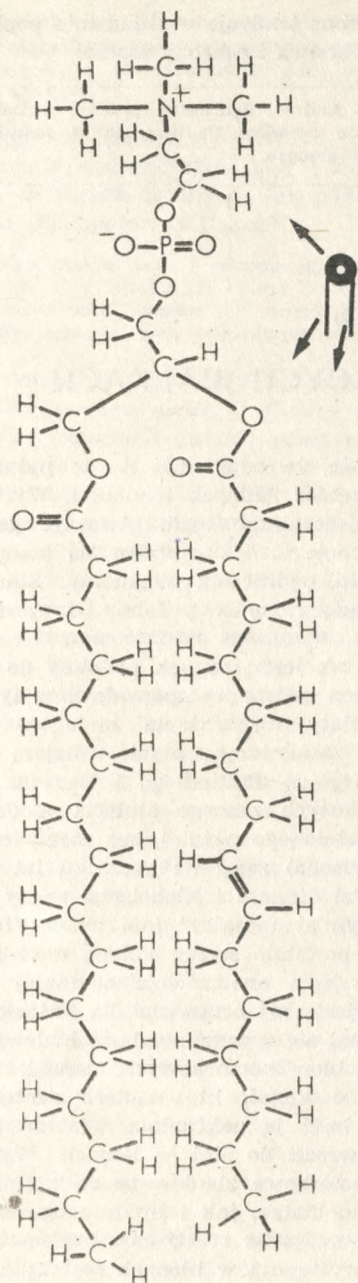
Rys. 1. Model budowy błony Danielliego-Davsona-Robertsona. Wydawało się, że dobrze tłumaczy on zdjęcia przekrojów poprzecznych przez błony otrzymywane za pomocą mikroskopu elektronowego (schemat z lewej strony).

wać się może, że odpowiedź na to pytanie nie powinna nastęcać żadnych trudności. Wystarczy sięgnąć po podręcznik biologii, otworzyć go na odpowiedniej stronie i... i tu sprawa się komplikuje. Zależy, po jaki podręcznik sięgniemy. Starsze z nich zawierać będą rysunek podobny do zamieszczonego obok ryc. 1, natomiast nowsze powinny mieć (choć nie zawsze tak jest) rysunek podobny do ryc. 2. Powstaje pewien galimatias spowodowany tym, iż przed kilkunastu laty wyobrażenia biologów o budowie błon uległy zasadniczej zmianie. Miejsce starego, bo stworzonego przez Danielliego i Davsona już w latach trzydziestych naszego stulecia modelu budowy błony (uzupełnionego później, bez zasadniczych zmian, przez Robertsona) zajął na początku lat siedemdziesiątych model Singera i Nicholsona znany pod nazwą „modelu płynnej mozaiki” (nie znaczy to, by tymczasem nie powstało szereg innych modeli błon, jednak nie zyskały one równie szerokiej akceptacji). Sprawa ta jest dziś oczywista dla każdego, kto choć trochę zetknął się z zagadnieniami budowy czy funkcjonowania błon komórkowych, jednak może nieco dezorientować kogoś, kto dopiero zdobywa wiedzę biologiczną bądź ją uaktualnia. Dlatego też, jak sądzę, warto wrócić do niej na łamach „Wszczęświata”.

Błony komórkowe zbudowane są z lipidów i białek. Zarówno białka, jak i lipidy mogą zawierać kowalencyjnie związane reszty cukrowe. Spośród lipidów najliczniej występują w błonach fosfolipidy — związki zawierające zwykle resztę alkoholu trójwodorotlenowego, gliceryny, której dwie grupy wodorotlenowe zostały zestyfikowane przez kwasy tłuszczowe, a której trzecia grupa wodorotlenowa połączona jest wiązaniem dwuwartym, poprzez resztę kwasu fosforowego, zwykle ze związkiem o charakterze zasady.



Rys. 2. Model budowy błony Singera i Nicholsona (model „płynnej mozaiki”). I — białko integralne, P — białka peryferyczne.



Rys. 3. Struktura fosfatydylocholiny (czyli lecytyny). Schematycznie cząsteczka ta przedstawiana jest tak, jak pokazano to w prawej części rysunku.

Struktura najczęściej występującego fosfolipidu tego typu, fosfatydylocholiny (czyli lecytyny) przedstawiona jest na ryc. 3. W tym przypadku wiązaniem fosfodwiestrowym połączona jest z gliceryną cholina, czwartorzędowa zasada azotowa mająca również grupę wodorotlenową. Niezależnie od szczegółów swego składu, fosfolipidy zawierające resztę gliceryny mają wspólną cechę: obecność dwu „nie lubiących wody” czyli hydrofobowych łańcuchów węglowodorowych oraz polarnej części cząsteczki, w skład której wchodzi zasada, reszta kwasu fosforowego i grupa karbonylowa. Ten region cząsteczki ma tendencję do kontaktu z wodą — „lubi wodę” czyli jest hydrofilowy. Oprócz fosfolipidów glicerynowych występują również w błonach fosfolipidy zawierające resztę innego alkoholu, sfinganiny lub jej pochodnych. Fosfolipidy te mają tylko jedną resztę kwasu tłuszczowego, ale sama sfinganina ma długi łańcuch węglowodorowy. Tak więc wszystkie powszechnie występujące w bło-

nach fosfolipidy zawierają region hydrofilowy, polarny (określany zwykle jako „polarna główka”) i dwa hydrofobowe łańcuchy węglowodorowe (zwykle nazywane „hydrofobowymi ogonkami”) i rysowane są na schematach w sposób pokazany na ryc. 3. Obecność w jednej cząsteczce regionu hydrofobowego i regionu hydrofilowego sprawia, że fosfolipidy nie rozpuszczają się w wodzie, lecz zawieszane w roztworze wodnym tworzą spontanicznie struktury dwuwarstwowe. W każdej z dwu warstw składowych takiej dwuwarstwy osie podłużne cząsteczek fosfolipidów ustawione są równoległe do siebie, a prostopadle do powierzchni warstwy. Obie warstwy połączone są ze sobą tak, że ogonki hydrofobowe obu warstw kontaktują się ze sobą, tworząc wewnątrz dwuwarstwy odrębne środowisko hydrofobowe.

Skoro fosfolipidy mają tendencję do spontanicznego tworzenia dwuwarstwowych struktur błonowych w roztworach wodnych, to w nich należy upatrywać zasadniczego materiału budulcowego błon komórkowych. Pod tym względem oba rozpatrywane modele budowy błon są zgodne. Oba zakładają, że zasadniczą matrycą strukturalną błony komórkowej jest dwuwarstwa lipidowa (ryc. 1 i 2). Różnica pomiędzy nimi pojawia się w momencie odpowiedzi na pytanie: jak rozmieszczone są w błonie białka? Model Danieliego-Davsona-Robertsona zakłada, że białka błon wyścielają obie powierzchnie dwuwarstwy lipidowej. Kiedy postęp mikroskopii elektronowej umożliwił wykonanie zdjęć przekrojów poprzecznych błon komórkowych, wydawało się, że zdjęcia takie znakomicie potwierdzają to założenie. Przekroje miały bowiem strukturę trójwarstwową, jak to schematycznie zaznaczono w lewej części ryc. 1: dwie ciemne warstwy przedzielone warstwą jasną. Trudno było odrzucić wniosek, że taki obraz musi odpowiadać dwóm warstwom białek i przedzielającej je warstwie lipidów. Nie był to jednak pierwszy ani ostatni problem w historii biologii, który tylko wydawał się jasny i prosty. W latach następnych okazało się, ku niemałej konsternacji, że zdjęcia przekrojów poprzecznych przez błony liposomów¹, nie zawierające w ogóle białek, również mają charakterystyczną trójwarstwową strukturę! Ciemne obszary na zdjęciach przekrojów poprzecznych błon w mikroskopie elektronowym pochodzą zatem nie od regionów białkowych błon, lecz od przypowierzchniowych regionów dwuwarstwy lipidowej, które w procesie obróbki próbek wiążą duże ilości metali ciężkich i w związku z tym silnie pochłaniają elektrony.

Przeciwko modelowi Danieliego-Davsona-Robertsona wysunięto także szereg innych argumentów. W charakterze przykładów przytoczymy tylko dwa. Argument pierwszy: model zakłada oddziaływanie białek błon wyłącznie z grupami polarnymi lipidów. Należałoby więc oczekiwać, że zmiany w obrębie „polarnej główki” fosfolipidów błony będą miały zasadniczy wpływ na oddziaływania białek i lipidów w błonach. Tymczasem stwierdzono, iż usunięcie ok. 60—70% „główek” fosfolipidowych przy pomocy odpowiednich enzymów nie powoduje uwolnienia białek z błon komórkowych. Argument drugi: analiza mikrofotografii elektronowych błon wskazuje, że grubość typowej błony komórkowej wynosi ok. 7,5 nm. Model przewiduje, że na tę grubość składa się grubość dwuwarstwy lipidowej (ok. 4,0 nm) i grubości

¹ Wszechświat 1985, 86:159

dwu warstw białkowych, które musiałyby wynosić mniej niż 2,0 nm każda. Oznacza to, że białkom byłoby w błonach dość ciasno; zmieściłyby się wyłącznie pod warunkiem, że ich struktura drugorzędowa w znacznej mierze odpowiadałaby płaskiej strukturze β („dywanikowej”). Badania struktury przestrzennej szeregu białek błon nie potwierdziły tego oczekiwania.

Model „płynnej mozaiki” tłumaczy kwestie niezrozumiałe w oparciu o model Danielliego-Davsona-Robertsona. Zakłada on, że białka mogą znajdować się nie tylko na zewnątrz, ale również wewnątrz dwuwarstwy lipidowej. Przekrój styczny przez błonę (w płaszczyźnie równoległej do powierzchni błony) przechodzący przez środek grubości dwuwarstwy lipidowej winien więc ujawnić strukturę mozaikową: cząsteczki lipidów, a pomiędzy nimi cząsteczki białek (stąd model „mozaikowy”). Tak się szczęśliwie złożyło, że obserwacje takiego przekroju przez błony okazały się możliwe dzięki kolejnemu etapowi rozwoju techniki mikroskopii elektronowej. Technika „freeze-fracture”^{*} umożliwia rozłupywanie struktur błonowych wzdłuż powierzchni styku obu składowych monowarstw lipidowych. Zdjęcia tych powierzchni wykazują obecność cząstek, określanych jako „cząstki wewnętrzzbłonowe”, które uważane są powszechnie za obrazy cząsteczek białek znajdujących się wewnątrz dwuwarstwy lipidowej.

Model „płynnej mozaiki” przewiduje istnienie dwu typów białek w błonach. Pierwszy typ to białka *integralne*: takie, których cząsteczki wnikają do środka dwuwarstwy lipidowej i ewentualnie (choć niekoniecznie) przebijają ją na wylot, w każdym razie kontaktują się z hydrofobowym regionem dwuwarstwy. Drugi typ to białka *peryferyczne*: takie, które związane są jedynie z regionem hydrofilowym dwuwarstwy (z „główkami polarnymi” lipidów) lub z wystającymi na zewnątrz dwuwarstwy regionami cząsteczek białek integralnych (ryc. 2). Można byłoby więc powiedzieć, że istotnym novum modelu „płynnej mozaiki” było przewidzenie istnienia białek integralnych — bo białka błony w ujęciu modelu Danielliego-Davsona-Robertsona to białka peryferyczne w terminologii modelu Singera i Nicholsona.

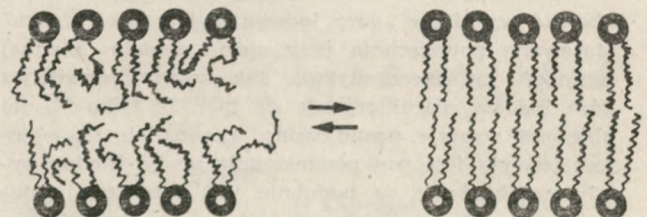
Dysponujemy obecnie ogromną ilością dowodów na to, że szereg białek występujących w błonach komórkowych to białka integralne. Są one dostępne dla odczynników nie przenikających przez błonę zarówno po jednej, jak i po drugiej stronie błony. Nie można usunąć ich z błony stosując czynniki osłabiające oddziaływania elektrostatyczne, co zazwyczaj wystarcza dla uwolnienia z błony białek peryferycznych. Dla wyodrębnienia tych białek konieczne jest posłużenie się czynnikami rozbijającymi dwuwarstwę lipidową (detergenty).

Istnienie białek integralnych nie jest jednak jedyną cechą różniącą oba modele budowy błon. Model Danielliego-Davsona-Robertsona był w zasadzie modelem statycznym: miał wyobrażać pewną strukturę, w której wzajemne położenie lipidów i białek jest w pewien sposób ustalone. Model „płynnej mozaiki” postuluje w istocie coś wręcz przeciwnego, zwracając uwagę na fakt, że błona jest strukturą dynamiczną, a w warunkach fizjologicznych lipidy błony znajdują się w stanie płynnym. Mówiąc bardziej precyzyjnie, należy oczekiwać, że w temperaturach fizjologicznych i niższych od fizjologicznych dwuwarstwy fosfolipi-

dowe zanurzone w roztworach wodnych będą znajdować się w zasadzie albo w fazie ciekłokrystalicznej albo w fazie żelu krystalicznego. W fazie żelu krystalicznego łańcuchy węglowodorowe fosfolipidów są silnie uporządkowane (to znaczy w znacznym stopniu równoległe do siebie), a ruchliwość cząsteczek fosfolipidów jest mocno ograniczona. Jeśli temperatura dwuwarstwy wzrasta, to w pewnej temperaturze krytycznej następuje przejście lipidów dwuwarstwy w stan ciekłokrystaliczny. Przejście to ma charakter przejścia fazowego, analogicznego np. do topnienia lodu. W stanie ciekłokrystalicznym ułożenie łańcuchów węglowodorowych fosfolipidów jest bardziej chaotyczne, a ruchliwość lipidów znacznie większa (ryc. 4). We wszystkich przypadkach, w których było to przedmiotem badań stwierdzono, że temperatury przejścia lipidów błon komórkowych w fazę ciekłokrystaliczną leżą poniżej fizjologicznego zakresu temperatur dla tych błon. Istotnie, błony komórkowe funkcjonują więc w stanie ciekłokrystalicznym.

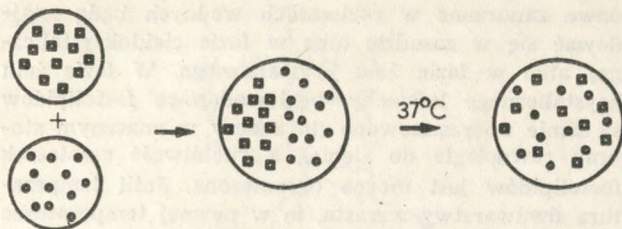
Co właściwie rozumiemy pod pojęciem ruchliwości lipidów w błonach? Cząsteczki fosfolipidów i poszczególne ich części składowe wykonują bezustannie ruchy różnego typu. Są to m. in. zmiany konformacji łańcuchów węglowodorowych, związane z dokonywaniem obrotów wokół wiązań między sąsiednimi atomami węgla przez segmenty tych łańcuchów, ruchy obrotowe całych cząsteczek oraz ich dyfuzja — przemieszczanie się w płaszczyźnie błony. Dyfuzja lipidów w błonie dokonuje się małymi „kroczkami”, które odpowiadają „zamienianiu się miejscami” przez sąsiednie cząsteczki. W typowej błonie, w temperaturze 37°C cząsteczka fosfolipidu wykonuje takie „kroczi” średnio co 10-7 sekundy. Znacznie, znacznie rzadziej (co najmniej miliardy razy rzadziej) cząsteczki fosfolipidów wykonują ruchy innego rodzaju — przeskoki z jednej do drugiej warstwy w dwuwarstwie. Dzięki temu, że tego typu przeskoki (nazywane też ruchami „flip-flop”) są tak rzadkie, możliwe jest zachowanie asymetrii składu lipidowego dwuwarstwy (w błonie krwinki czerwonej większość cząsteczek fosfolipidów nie mających w fizjologicznym zakresie pH wypadkowy ładunku elektrycznego (sfingomieliny i fosfatydylocholino) znajduje się w zewnętrznej warstwie dwuwarstwy, a większość cząsteczek fosfolipidów mających wypadkowy ładunek w tym zakresie pH (fosfatydyloseryny) oraz fosfatydyloetanoloaminy w warstwie wewnętrznej kontaktującej się z cytoplazmą).

Także białka błon są w ciągłym ruchu. „Pływają” w „morzu lipidowym” czyli, podobnie jak lipidy, podlegają procesowi dyfuzji, choć jako większe przemieszczają się wolniej. Stąd słynne porównanie białek integralnych błon do „gór lodowych” w płynnym „morzu lipidowym”.



Rys. 4. Fosfolipidy dwuwarstwy mogą występować w stanie żelu krystalicznego (z lewej) bądź w stanie ciekłokrystalicznym (z prawej).

^{*}kriorytownictwa, a mniej elegancko : mrozolup



Rys. 5. Schemat doświadczenia Frye'a i Edidina. Po utworzeniu heterokarionu z komórki myszy i komórki człowieka następuje wymieszanie się białek znajdujących się początkowo na różnych „połówkach” błony plazmatycznej powstałego heterokarionu.

Ruchliwość białek w błonach komórkowych wykazali po raz pierwszy w 1970 r. Frye i Edidin. Badali oni zachowanie się białek błon plazmatycznych dwu komórek po przeprowadzeniu fuzji czyli połączenia tych komórek. Określając za pomocą fluoryzujących przeciwciał położenie białek obu komórek składowych na powierzchni heterokarionu powstałego ze złączenia komórki myszy i komórki człowieka stwierdzili, że tuż po zajściu fuzji białka myszy i białka człowieka znajdują się na różnych połówkach błony plazmatycznej heterokarionu, natomiast po 40-minutowej inkubacji w temperaturze 37°C ulegają one wymieszaniu (ryc. 5). Wymieszanie się białek błony plazmatycznej jest procesem pasywnym, nie jest zależne od ATP i nie zachodzi w niższych temperaturach, w których płynność lipidów błony ulega obniżeniu — jest więc ono wynikiem dyfuzji białek w płynnej matrycy lipidowej błony.

W odróżnieniu od lipidów, białka integralne błon nie wykonują w ogóle, jak się obecnie wydaje, ruchów „flip-flop”. Mówimy, że o ile asymetria lipidowa błon jest względna (większa zawartość określonego fosfolipidu w jednej z warstw dwuwarstwy), o tyle asymetria białkowa błon jest absolutna: orientacja cząsteczek białek integralnych jest ustalona, a białka peryferyczne występują wyłącznie na jednej bądź na drugiej powierzchni błony. Posłużmy się raz jeszcze jako przykładem błoną plazmatyczną krwinki czerwonej człowieka. Głównym białkiem integralnym tej błony jest tzw. białko pasma 3, odpowiedzialne za transport anionów przez błonę². N-końcowy fragment cząsteczki tego białka znajduje się zawsze po wewnętrznej (cytoplazmatycznej) stronie błony, zaś reszty cukrowe — zawsze po stronie zewnętrznej błony. Przyjmowanie przez to białko odwrotnej orientacji w natywnej błonie krwinki czerwonej jest niemożliwe. (W ogóle reszty cukrowe tych białek błon, które są glikoproteinami znajdują się po przeciwnej niż cytoplazmatyczna (ekstracytoplazmatycznej) stronie błon komórkowych). Główne białko peryferyczne błony krwinki czerwonej, spektryna, występuje wyłącznie na cytoplazmatycznej powierzchni błony krwinki.

Warto chyba zwrócić uwagę, że sloganowe już obecnie wyrażenie „góry lodowe białek integralnych” stosowane powszechnie przy opisie modelu „płynnej mozaiki” jest nieco mylące. Jak wiemy, prawdziwa góra lodowa charakteryzuje się tym, że tylko $\frac{1}{10}$ jej objętości wystaje ponad wodę, a pozostałe $\frac{9}{10}$ objętości ukryte jest pod powierzchnią wody. Błędne byłoby wyobrażenie, że podobnie jest z białkami integralnymi. „Morze lipidowe” jest na to zbyt płytkie. Fragment łańcucha polipeptydowego o długości dwu-

dziestu kilku reszt aminokwasowych wystarcza do przebicia dwuwarstwy lipidowej na wskroś. Cząsteczki szeregu białek integralnych przebijają dwuwarstwą lipidową tylko raz, zatem w „morzu lipidowym” zanurzony jest tylko niewielki fragment cząsteczki białka tej grupy. Nieco inaczej rzecz się ma z białkami odpowiedzialnymi za transport substancji przez błony; ich cząsteczki przebijają bowiem z reguły dwuwarstwą lipidową kilka razy, a fragmenty łańcuchów polipeptydowych tych białek położone wewnątrz dwuwarstwy tworzą najprawdopodobniej kanały umożliwiające przechodzenie przez błonę odpowiednich cząsteczek czy jonów. Jednak nawet w tych przypadkach większość reszt aminokwasowych białek integralnych błon znajduje się na zewnątrz dwuwarstwy lipidowej.

Mimo to uzasadnione jest powiedzenie, że białka integralne „pływają” w lipidach. Stwierdzono, że ruchliwość w płaszczyźnie błony wielu białek integralnych zależy od tego, jak szybko może poruszać się zanurzony w dwuwarstwie lipidowej fragment cząsteczki takiego białka. W fazie wodnej białko poruszałoby się znacznie szybciej, ale efektywna lepkość lipidów błony jest ok. tysiąca razy wyższa niż lepkość cytoplazmy czy płynu pozakomórkowego. O ruchliwości białka decydują więc lipidy błony.

Skoro tak, to lepkość lipidów błony okazuje się ważnym czynnikiem, decydującym o tych funkcjach błon, które zależą od ruchliwości odpowiednich białek błonowych (np. białek enzymatycznych). Zainteresowanie lepkością błony, jej zmianami pod wpływem różnych czynników fizjologicznych, patologicznych i środowiskowych (czego wyrazem jest ogrom publikacji naukowych na ten temat) jest również konsekwencją modelu „płynnej mozaiki”.

Model Singera i Nicholsona uważany jest za model „obowiązujący”, najlepiej przybliżający strukturę błony komórkowej na obecnym etapie jej poznania. Nie oznacza to jednak, by nie trzeba było wprowadzić pewnych modyfikacji i uzupełnień do pierwotnej jego wersji.

W najprostszej swej postaci model „płynnej mozaiki” zakłada, że lepkość lipidów jest głównym czynnikiem ograniczającym ruchliwość białek integralnych błon. Późniejsze badania wykazały, że sytuacja jest nieco bardziej złożona: niektóre białka integralne dyfundują w błonie znacznie wolniej, niż wynika to z obliczeń uwzględniających efektywną lepkość lipidów błon i wielkość cząsteczek tych białek. Przyczyną tego stanu rzeczy jest istnienie „szkieletu komórkowego”, sieci białek przenikających komórkę i oddziałujących z niektórymi białkami błon.

W szeregu przypadków oddziaływania między białkami błon oraz między białkami błon a białkami szkieletu komórkowego są na tyle silne, że białka błonowe nie mogą „korzystać” z przysługującego im „prawa do swobodnej dyfuzji”. Dzięki tym restrykcjom utrzymują się w błonach umiejscowione struktury białkowe (np. złącza międzykomórkowe).

W najprostszej wersji modelu dwuwarstwy lipidowej jest jednorodna w całej błonie. Wydaje się, że nie jest tak w rzeczywistości. Po pierwsze bowiem ograniczona jest ruchliwość lipidów, które znajdują się w kontakcie z białkami błony (podobnie jak białko rozpuszczone w wodzie silnie unieruchamia pewną ilość cząsteczek wody, która się z nim styka). Część autorów uważa zresztą, że oddziaływania lipidów z białkami peryferycznymi są przyczyną powstawania

² Wszechświat 1985, 86:268

i utrzymywania się asymetrii lipidowej błon. Po drugie, w wielu przypadkach wykazano heterogenność stanu fizycznego także „wolnej” (tzn. nie oddziałującej z białkami) dwuwarstwy lipidowej błon, której pewne regiony mogą znajdować się w stanie ciekłokrystalicznym, a pewne inne, różniące się składem lipidów — w stanie żelu krystalicznego. Określone białka mogą gromadzić się wybiórczo w jednych bądź w drugih regionach. Ta heterogenna, domonowa struktura błony może ułatwiać pełnienie różnorodnych funkcji przez jedną i tę samą błonę.

W modelu „płynnej mozaiki” (podobnie zresztą jak w modelu Danielliego-Davsona-Robertsona, a w przeciwieństwie do pewnych innych modeli błony) wszystkie lipidy błony występują w postaci dwuwarstwy lipidowej. Jest tak niewątpliwie — ale czy zawsze? Czy w szczególnych sytuacjach, np. podczas zachodzenia fuzji komórek, pewna część lipidów błony nie może tworzyć innych struktur niż dwuwarstwa, znanych z chemii fizycznej lipidów? Niewykluczone, że może; sprawa ta jest wciąż przedmiotem dyskusji.

Badania ostatnich lat wskazały na jeszcze jeden rodzaj ruchliwości błony, tym razem w skali ponadmolekularnej. Wydaje się dziś, że błony większości komórek są tworami bardziej dynamicznymi niż wyobrażaliśmy to sobie dawniej; zachodzi w nich ciągłe krążenie nie tylko poszczególnych cząsteczek, lecz także całych fragmentów błon, ciągła endocytoza fragmentów błony plazmatycznej, przekazywanie powstałych pęcherzyków błonowych do wewnątrz komórki, ich krążenie i powrót do błony plazmatycznej³.

Tym niemniej, mimo iż obraz błony komórkowej ulega uzupełnieniom i staje się coraz bardziej złożony, najprostszym współczesnym „obrazkiem” budowy błony pozostaje szkic nakreślony przez Singera i Nicholsona.

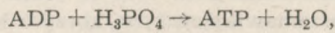
³ Wszechświat 1986, 86:140

Doc. dr hab. Grzegorz Bartosz jest kierownikiem Pracowni Biofizyki Procesów Rozwoju i Starzenia się w Katedrze Biofizyki Uniwersytetu Łódzkiego.

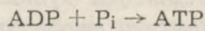
JACEK DANOWSKI (Łódź)

IUZYSKIWANIE ENERGII PRZEZ KOMÓRKI NA DRODZE FOSFORYLACJI

Termin „fosforylacja” oznacza wytworzenie wiązania bogatego w energię. W komórce powstają tą drogą związki wysokoenergetyczne, takie jak np. adenozynotrójfosforan (ATP). W przypadku ATP proces fosforylacji możemy zapisać sumarycznie:

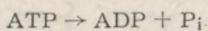


albo:

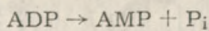


gdzie: ADP — adenozynodwufosforan, P_i — tzw. fosforan nieorganiczny (reszta H₃PO₄).

Należy jednak pamiętać, że zapisana powyżej reakcja nie stanowi zwyczajnego przyłączenia grupy ortofosforanowej do związku organicznego. Przez hydrolizę tak wytworzonego wiązania, zgodnie z zapisem:



uzyskujemy bowiem energię w ilości od 46 do 90 kJ/mol, zaś przez hydrolizę następnego wiązania:



od około 25 do 45 kJ/mol. Natomiast hydroliza (rozkład w obecności wody) zwykłego wiązania estrowego ortofosforanu dostarcza zaledwie od 8 do 16 kJ/mol.

Synteza związków wysokoenergetycznych jest zatem typową reakcją endoergiczną. Ilość energii, jaką należy w nią „włożyć”, aby zapisana na początku niniejszego artykułu reakcja mogła się urzeczywistnić, zależy od środowiska, nigdy natomiast nie może być mniejsza niż 63 kJ/mol.

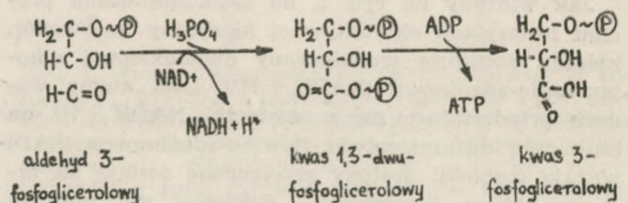
Tę energię wiązań makroergicznych uzyskują organizmy na różnoraki sposób: heterotrofy poprzez rozkład związków organicznych, autotrofy zaś wykorzystują bądź to energię świetlną, bądź też powstałą w

wyniku utlenienia prostych związków organicznych.

W procesach fosforylacji powstają przede wszystkim związki wysokoenergetyczne, np. nukleotydy będące tzw. przenośnikami energii (ATP, GTP i inne); zawarta w nich energia wykorzystywana jest do niemal wszystkich procesów życiowych komórki. Fosforylacji ulegają również białka i proces ten stanowi istotne ogniwo w odpowiedzi komórki na określony bodziec: enzymy kinazy przenoszą makroergiczną grupę fosforanową na inne białka enzymatyczne, aktywując je.

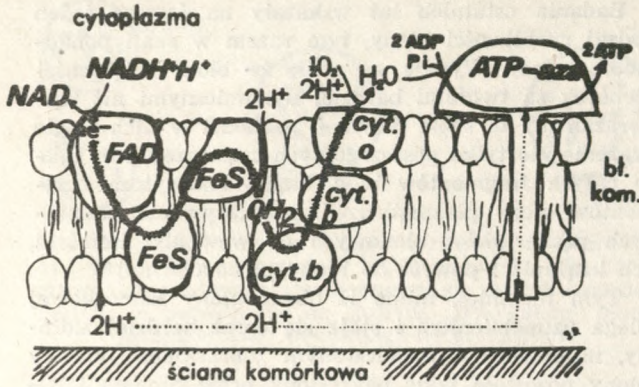
W poniższych rozważaniach zajmiemy się fosforylacją jako źródłem energii, uzyskiwanej przez komórkę. Wyróżniamy fosforylację substratową, fosforylację oksydacyjną i fosforylację fotosyntetyczną (fotosyforylację).

Fosforylacja substratowa zachodzi głównie w cytoplazmie; w każdym razie do jej urzeczywistnienia nie jest wymagana obecność błon cytoplazmatycznych, rozdzielających dwa środowiska. Często jest wynikiem oddychania beztlenowego i związana jest z przeniesieniem dwóch atomów wodoru z substratu na koenzym (np. NAD) dehydrogenazy. Jednym z przykładów fosforylacji substratowej może być np. utlenienie aldehydu 3-fosfoglicerolowego do kwasu 3-fosfoglicerolowego w procesie glikolizy (ryc. 1).



= wiązanie makroergiczne.

Ryc. 1. Przebieg fosforylacji substratowej. ~ P =



Ryc. 2. Fosforylacja oksydacyjna w mezosomach bakteryjnych na przykładzie pałeczki okrężnicy (*E. coli*). Elektrony (gruba linia) wędrują z cytoplazmy przez łańcuch przenośników z powrotem do cytoplazmy, natomiast protony przenoszone są na zewnątrz błony komórkowej (dokładny opis w tekście). FeS — białko żelazowo-siarkowe; QH_2 — hydrochinon; cyt. — cytochrom.

Natomiast zarówno fotofosforylacja, jak i fosforylacja oksydacyjna mogą mieć miejsce jedynie w obecności błon, rozdzielających różne środowiska, związane są bowiem z wędrówką elektronów i gromadzeniem protonów po jednej stronie błony cytoplazmatycznej.

W organizmach eukariotycznych, a więc posiadających mitochondria, fosforylacja oksydacyjna (ryc. 3) jest końcowym etapem oddychania tlenowego i zachodzi w mitochondriach. U bakterii heterotroficznych zachodzi ona dzięki plazmolemme (błonie komórkowej), głównie w mezosomach. Odrębnego omówienia wymagają bakterie chemosyntetyzujące, utleniające związki azotu, siarki, żelaza bądź wodoru.

W przypadku fosforylacji oksydacyjnej ostatecznym akceptorem elektronów jest tlen. Bardzo istotną rolę odgrywa obecność błony, rozdzielającej dwa środowiska, albowiem w fosforylacji tej po odszczepieniu atomów wodoru następuje ich rozdzielanie na elektrony i protony. Elektrony transportowane są w błonie dzięki układowi przenośników elektronów. Ruch elektronów powoduje rozbitcie cząstek wody i przerzucenie protonów na drugą stronę; w rezultacie po jednej stronie gromadzą się jony OH^- (ładunek elektryczny ujemny, środowisko zasadowe), zaś po drugiej stronie — jony H^+ (ładunek elektryczny dodatni, środowisko kwasowe).

Szczupłość miejsca nie pozwala na zaznajomienie Czytelnika z budową chemiczną przenośników elektronów; w każdym bądź razie są to związki, które bardzo łatwo ulegają procesom utleniania i redukcji. U bakterii tlenowych, np. u bytującej w jelicie grubym człowieka pałeczki okrężnicy (*Escherichia coli*) molekuly te występują w błonie komórkowej, co schematycznie przedstawiono na ryc. 2.

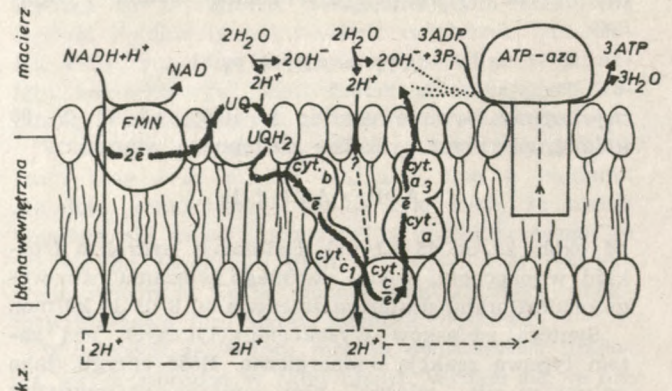
Jak widzimy na ryc. 2, do zapoczątkowania procesu fosforylacji oksydacyjnej niezbędny jest wódór, którego dostarcza zredukowany dwunukleotyd nikotynamido-adeninowy ($\text{NADH} + \text{H}^+$). Dwa atomy wodoru przedostające się z cząsteczki $\text{NADH} + \text{H}^+$ na cząsteczkę dwunukleotydu flawino-adeninowego (FAD) ulegają rozbitciu: protony przerzucane zostają na zewnątrz błony komórkowej, elektrony zaś wędrują z FAD na cząsteczkę białka siarkowo-żelazowego (oznaczonego na ryc. 2 skrótem FeS). Białko to (ang.:

iron-sulfur protein) przekazuje elektrony na cząsteczkę ubichinonu, co powoduje pobranie przez ten związek pary protonów z cytoplazmy (powstaje tzw. hydrochinon), a następnie ich odłączenie na zewnątrz błony komórkowej. Natomiast elektrony z hydrochinonu poprzez dwie cząsteczki cytochromu b i cząsteczkę cytochromu o są transportowane do cytoplazmy. Tu ich akceptorem jest tlen, w obecności protonów łączący się z molekułą wody.

Opisany proces doprowadza do zgromadzenia na zewnątrz błony czterech protonów; natomiast w cytoplazmie gromadzą się jony OH^- . Taka polaryzacja błony narasta i ustala się z czasem różnica potencjałów elektrycznych (sięgająca 100 mV), jak i gradient jonów wodorowych: różnica pH po obu stronach błony dochodzi do 1,5 jednostki pH. Całość tych zjawisk nazywamy siłą protonowo-motoryczną (termin wprowadzony przez brytyjskiego biochemika Petera Mitchella w 1961 roku; za opracowanie przedstawionej w tym artykule teorii chemoosmotycznej funkcjonowania mitochondriów Mitchell otrzymał w 1978 roku nagrodę Nobla w dziedzinie chemii).

Protony „dążą” do wyrównania stężeń po obu stronach błony, lecz jedyna droga ich przepływu wiedzie przez dużą cząsteczkę enzymu adenozynotrójfosfatazy. Enzym ten — w zależności od warunków — dokonywać może zarówno hydrolizy ATP do ADP, jak i reakcji odwrotnej: syntezy ATP z ADP i fosforanu nieorganicznego. Energia przepływającej pary protonów „naładowuje” jedną cząsteczkę ATP. A ponieważ wędrówka pary elektronów poprzez układ przenośników spowodowała przerzucenie przez błonę dwóch par protonów, zatem w jej wyniku powstać mogą 2 molekuly ATP.

W komórkach eukariotycznych podobny proces ma miejsce w mitochondriach. Jest to jeden z dowodów pośrednich, przemawiających na korzyść hipotezy wysuniętej niegdyś przez Mereszkowskiego; według niej komórka eukariotyczna jest symbiontem, powstałym w zamierzczłej przeszłości ewolucyjnej z kilku komórek. Mitochondria i chloroplasty — według tej teorii — były niegdyś organizmami prokariotycznymi, które utraciły zdolność samodzielnego życia i weszły w ścisłą symbiozę z pra-komórką eukariotyczną. Przodkiem chloroplastu byłaby jakaś pra-zielonica, zaś przodkiem mitochondrium — pierwotna bakteria



Ryc. 3. Fosforylacja oksydacyjna w komórce eukariotycznej. Łańcuch przenośników elektronów zlokalizowany jest w błonie wewnętrznej mitochondrium. Atomy wodoru z $\text{NADH} + \text{H}^+$ wędrują na FMN, gdzie następuje ich rozdzielanie na protony, przenoszone do kompartmentu zewnętrznego i na elektrony, przenoszone wzdłuż łańcucha przenośników (dokładny opis w tekście). UQ — ubichinon; UQH_2 — hydrochinon; cyt. — cytochrom.

tlenowa. Jeżeli przyjmiemy ową teorię — w ostatnich latach coraz to lepiej udokumentowaną — to należy sądzić, że wewnętrzna błona mitochondrium (bardzo bogata w białka) jest błoną owej eks-bakterii, zaś błona zewnętrzna wytworzona zostaje przez retikulum endoplazmatyczne komórki. Obszar mitochondrium pomiędzy błoną wewnętrzną a zewnętrzną nazywamy kompartmentem (przedziałem) zewnętrznym, natomiast wnętrze organelli — macierzą (matrix).

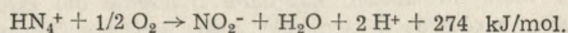
Przebieg fosforylacji oksydacyjnej w mitochondrium przedstawia schematycznie ryc. 3. W procesie cyklu Krebsa redukcji ulegają cząsteczki NAD (do $\text{NADH} + \text{H}^+$). Wodór z $\text{NADH} + \text{H}^+$ przeniesiony zostaje na mononukleotyd flawinowy (FMN), w związku z czym powstaje zredukowany mononukleotyd flawinowy (FMNH_2) i uwalnia się cząsteczka NAD^+ . W FMNH_2 następuje rozdzielanie ładunków: dwa protony (2H^+) przerzucone zostają przez błonę do kompartmentu zewnętrznego, zaś dwa elektrony przekazane na następny przenośnik — jest nim ubiquinon. Związek ten po otrzymaniu elektronów staje się hydrofilny (tzn. dąży do połączenia z wodą), a zatem wydostaje się na powierzchnię błony. Wówczas pobiera jony wodorowe ze środowiska, przechodząc przez formę tzw. semichinonu w hydrochinon (QH_2). Zmiana struktury powoduje ponowne „zapadanie” w głąb błony; tam protony zostają oddzielone i przeniesione do kompartmentu zewnętrznego, elektrony zaś dostają się na dalsze przenośniki. Po jednym elektronie z pary trafia na cząsteczkę cytochromu b, następnie na cytochrom c_1 , potem cytochrom c umieszczony w zewnętrznej części błony (co znów pociąga za sobą przeniesienie protonu z macierzy mitochondrialnej do kompartmentu zewnętrznego). Następnie elektron — poprzez cytochromy a i a_3 — wraca do macierzy mitochondrialnej.

W wyniku owej „wędrówki” pary elektronów, w kompartmentcie zewnętrznym gromadzą się trzy pary protonów (natomiast w macierzy jony OH^-). Analogicznie jak w poprzednim przypadku, postępująca polaryzacja błony wewnętrznej mitochondrium powoduje powstanie siły protono-motorycznej: protony przepływające przez cząsteczkę ATP-azy dla wyrównania stężeń, ładują molekuly ATP. Ponieważ przepływ pary protonów powoduje naładowanie jednej cząsteczki ATP, a zatem trzy pary protonów, powstające w wyniku „wędrówki” jednej pary elektronów, umożliwiają syntezę trzech cząsteczek ATP. Fosforylacja oksydacyjna w mitochondriach jest zatem bardziej wydajna niż analogiczny proces u bakterii tlenowych.

Specyficznym rodzajem fosforylacji oksydacyjnej jest proces utleniania związków nieorganicznych przez niektóre bakterie, co określamy mianem chemosyntezy bądź chemoautotrofii. Tu również końcowym akceptorem elektronów jest tlen, a zatem bakterie chemosyntetyzujące (bo proces chemosyntezy przeprowadzany jest wyłącznie przez niektóre bakterie i sinice) są bezwzględnie tlenowcami, tzn. nie mogą żyć w warunkach beztlenowych. Bakterie chemosyntetyzujące posiadają w cytoplazmie warstwowo ułożone błony (ryc. 4); prawdopodobnie w tych błoniastych organellach zachodzą procesy transportu elektronów, a następnie przepływ ładunków powodujący syntezę cząsteczek ATP.

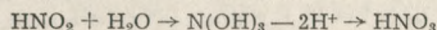
Organizmy chemoautotroficzne pobierają elektrony od atomów azotu, siarki, wodoru, węgla bądź żelaza. Bakterie tzw. nitryfikacyjne z rodzaju *Nitrosomonas*

utleniają amoniak do azotynów według wzoru:



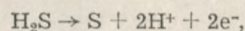
W reakcji tej atom azotu traci 6 elektronów.

Inne rodzaje bakterii nitryfikacyjnych — *Nitrobacter* i *Nitrococcus* — utleniają azotyny do azotanów, zgodnie z zapisem:

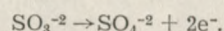
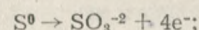


W tej reakcji azot traci jedną parę elektronów, której przeniesienie przez błonę indukuje powstanie siły protono-motorycznej i w następstwie syntezę ATP.

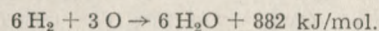
Bardzo zróżnicowaną morfologicznie i fizjologicznie grupę mikroorganizmów stanowią bakterie i sinice siarkowe. Uzyskują one energię, utleniając siarkowodór do siarki:



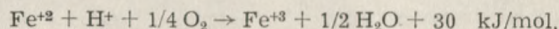
a także utleniają siarkę do siarczynów i siarczanów:



Różne gatunki tych mikroorganizmów odszczepiają elektrony od siarki, utleniając tiosiarczany, czterosiarczany i inne związki nieorganiczne tego pierwiastka. Natomiast bakterie wodorowe rozbijają atomy wodoru, przenosząc najpierw elektrony, potem zaś protony na tlen zgodnie ze wzorem:

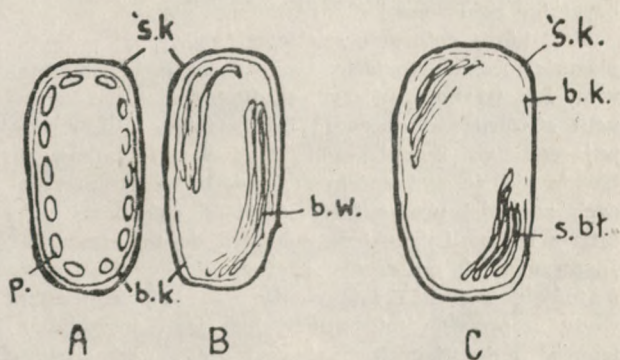


Bakterie żelazowe (*Thiobacillus ferrooxidans* i *Galionella ferruginea*) utleniają sole żelazawe do żelazowych:



Również w tym przypadku odłączone od żelaza elektrony przenoszone są przez układ cytochromów na akceptor w postaci tlenu, zaś wędrówka protonów powoduje syntezę ATP.

Trzeci wreszcie sposób uzyskiwania ATP przez organizmy to fotofosforylacja. Źródłem energii niezbędnej dla ruchu elektronów jest w tym przypadku kwant światła — a zatem fotofosforylacja jest możliwa dzięki związkom absorbującym światło. Najwięcej wysiłków badawczych ogniskuje się wokół chloroplastów, co



Ryc. 4. Wewnątrzplazmatyczne twory błoniaste w komórkach bakterii fotosyntetyzujących (A i B) oraz chemosyntetyzujących (schematycznie). A — bakterie zielone z rodz. *Chlorobiaceae*; B — bakterie purpurowe z rodz. *Rhodospirillaceae*; C — bakterie nitryfikacyjne z rodz. *Nitrosomonas*. b.k. — błona komórkowa; b.w. — chromatofory tworzące system błon warstwowych; p — chromatofory pęcherzykowate, s. b. — system organelli błoniastych, biorących udział w chemosyntezie; s.k. — ściana komórkowa.

jest zrozumiałe: zachodzące w tych organellach procesy mają najbardziej kapitalne znaczenie dla człowieka, zarówno w aspekcie jego wyżywienia, jak i dzięki wytwarzanemu tlenu. Zanim jednak omówimy dość skomplikowane przemiany zachodzące w chloroplastach, przyjrzyjmy się ich prostszemu modelom, obserwowanym w świecie bakterii.

Bardzo specyficzny sposób fotofosforylacji zaobserwowano u bakterii z rodzaju *Halobacterium*. Są to mikroorganizmy żyjące w środowiskach bardzo silnie zasolonych, w których większość organizmów nie jest w stanie przeżyć. Bakterie te na swej powierzchni posiadają nieciągłą, dodatkową tzw. błonę purpurową, zbudowaną z białka bakteriorodopsyny. Jest to białko połączone ze światłoczułym barwnikiem retinalem (podobne struktury występują np. w komórkach światłoczułych oka człowieka). Przy naświetleniu błona zostaje odnieszczepiona proton i przechodzi poza komórkę (ryc. 5). W rezultacie wytwarza się duży potencjał chemoosmotyczny, a powrót protonów do wnętrza komórki poprzez cząsteczkę ATP-azy powoduje powstanie ATP. Atomy wodoru pobrane z cytoplazmy ponownie redukuje błonę purpurową.

W większości jednak organizmów fotosyntetyzujących związkiem absorbującym światło jest porfiryne, zawierająca atom magnezu — chlorofil bądź bakteriochlorofil; porfiryne — zbudowane z czterech połączonych ze sobą pierścieni pirolowych, zawierają układ sprzężonych naprzemiennych wiązań pojedynczych i podwójnych, tzw. układ rezonansowy. Taki układ zawiera ruchliwe elektrony pi, które nie są związane z pojedynczymi wiązaniami bądź atomami, lecz z układem rezonansowym jako całością i dają się wybić fotonom.

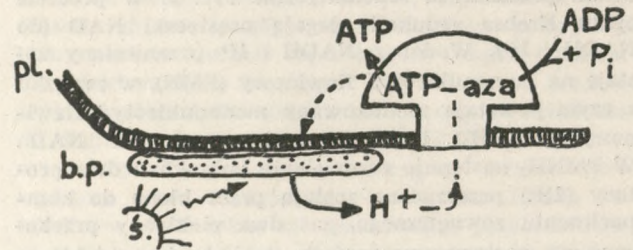
Znany kilka odmian chlorofilu i bakteriochlorofilu, które nieznacznie różnią się budową cząsteczki; wraz ze zmianą struktury zmienia się długość fali pochłanianego przez związek światła (zmienia się ona również w zależności od rodzaju białka, z jakim chlorofil zostaje połączony). Chlorofil występuje w błonach nie pojedynczo, lecz w układach antenowych (ang.: antenna complex), nazywanych tak po stwierdzeniu faktu, że wyłapują one fotony (kwanty światła), ogniskując je na jednej cząsteczce chlorofilu będącej „odbiornikiem”. Każdy z tych układów zbudowany jest z kilkuset cząsteczek chlorofilu, a także karotenu, ksantofilu i innych barwników; każda z cząsteczek barwnika połączona jest z białkiem.

U bakterii fotosyntetyzujących występują w cytoplazmie proste błoniaste twory, zwane chromatoforami lub tylakoidami (ryc. 4). W błonach tych organelli stwierdzono obecność bakteriochlorofilu, występującego w kompleksach białkowo-barwnikowych. Uważa się, że w komórkach bakterii fotosyntetyzujących zachodzi proces fotofosforylacji cyklicznej: wybiły z chlorofilu elektron powraca do tej cząsteczki, „przerzucając” po drodze protony do wnętrza chromatoforu. Bakterie fotosyntetyzujące nie rozkładają wody w procesie fotosyntezy, lecz jako źródło elektronów redukujących bakteriochlorofil wykorzystują siarkowodor, siarkę, tiosiarczany i wodór.

Według Arnona proces fotofosforylacji cyklicznej może mieć miejsce w chloroplastach, choć uważa się, że zachodzi on w tych organellach jedynie w warunkach skrajnie niekorzystnych. Powszechnie natomiast fazę świetlną fotosyntezy odbywającej się w chloroplastach utożsamia się z procesem fotofosforylacji

niecyklicznej, w której wyniku cząsteczka wody ulega rozbięciu (tzw. fotoliza wody) i wydziela się tlen atmosferyczny.

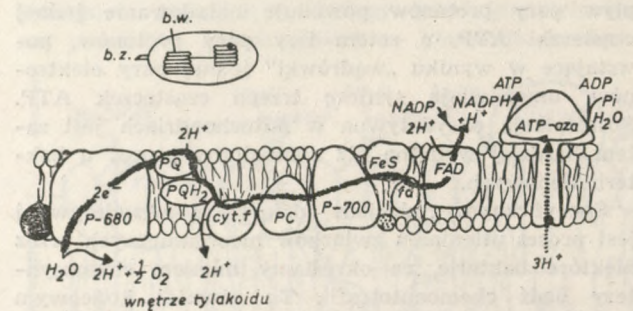
Chloroplast otoczony jest dwiema błonami, stanowiącymi razem tzw. otoczkę chloroplastu. We wnętrzu natomiast zawiera błoniaste twory, tzw. tylakoidy; w błonie tylakoidów występuje łańcuch przenośników elektronów sprawający, że elektrony pobrane z wnętrza tylakoidu (z wody) wędrują na zewnątrz, do stromy, gdzie ich akceptorem jest czą-



Ryc. 5. Fotofosforylacja u *Halobacterium* (opis w tekście): b.p. — błona purpurowa; pl. — błona komórkowa; ś — światło.

steczka NADP⁺. W następstwie we wnętrzu tylakoidów (a więc odwrotnie niż w przypadku mitochondrium) nagromadzają się jony wodorowe, które przepływają przez cząsteczkę ATP-azy i powodują powstanie molekuł ATP.

Proces fosforylacji niecyklicznej ilustruje ryc. 6. Pierwszy foton zostaje zaabsorbowany przez układ antenowy i energia wzbudzenia zostaje natychmiast przeniesiona na cząsteczkę chlorofilu P-680 w tzw. centrum aktywnym. (Litera „P” oznacza tu skrót od słowa „pigment” czyli barwnik, natomiast liczba „680” — długość fali w nanometrach, którą dany rodzaj kompleksu chlorofilowo-białkowego najintensywniej pochłania). Powoduje to przeniesienie elektronu z P-680 w kierunku powierzchni błony. Następny foton wzbudza ruch następnego elektronu. Dwie cząsteczki utlenionego (wzbudzonego) P-680 zostają natychmiast zredukowane przez dwa elektrony z molekuły wody. W ten sposób cząsteczka wody ulega rozbięciu na atom tlenu (który opuszcza chloroplast)



Ryc. 6. W górnym lewym rogu schemat chloroplastu; kółkiem oznaczono fragment „powiększony” poniżej. b.w. — błona wewnętrzna (błona tylakoidów); b.z. — otoczką (podwójna błona zewnętrzna). Rysunek poniżej ilustruje proces fotofosforylacji niecyklicznej (dokładny opis w tekście). Elektrony wędrują z chlorofilu P-680 po jego wzbudzeniu przez łańcuch przenośników do stromy. Utleniony chlorofil natychmiast się redukuje, pobierając brakujące elektrony z cząsteczki wody, rozbijanej we wnętrzu grana (fotoliza wody). Pola zakropkowane oznaczają układy antenowe. PQ — plastochinon; PQH₂ — zredukowany plastochinon; cyt. — cytochrom; PC — Plastocyanina; FeS — białko siarkowo-żelazowe; Fd — ferredoksyna.



I. POMNIK PROF. WŁADYSŁAWA SZAFERA w Krakowskim Ogrodzie Botanicznym po odsłonięciu 16 listopada 1976 r. Fot. J. Wróbel



II. PORTRET MŁODEGO KOBUZA *Falco subbuteo*. Puszcza Augustowska. Fot. D. Karp

i dwa protony, pozostające we wnętrzu grana (elektrony wniknęły w obręb molekuł chlorofilu P-680). Do fotolizy wody niezbędny jest atom manganu, stanowiący składnik białka enzymatycznego.

Dwa wybite z chlorofilu elektrony przenoszone są na plastochinon (PQ), o budowie podobnej do ubichinonu. Zredukowany plastochinon (PQH₂) wędruje ponownie w kierunku wnętrza grana, oddając tam dwa protony, podczas gdy elektrony przekazane zostają na cząsteczkę cytochromu f. Stąd wędrują do białka o nazwie plastocyjanina, która kieruje je ku kolejnemu kompleksowi aktywnemu fotochemicznie, związanemu z chlorofilem P-700. Do dalszej wędrowki elektronów niezbędne są kwanty światła o długości fali 700 nm. Pobudzenie układu antenowego przez światło powoduje wzbudzenie cząsteczki P-700 i ponowną wędrowkę elektronów ku zewnętrznej powierzchni błony. Zostają tu odebrane przez białko związane z kompleksem żelazowo-siarkowym (FeS) i przekazane ferrodoksynie. Z ferrodoksyny przechodzą na cząsteczkę FAD, który redukuje się wówczas do FADH₂ pobierając dwa protony ze środowiska zewnętrznego. Wreszcie zarówno protony, jak i elektrony pobrane zostają z FADH₂ przez NADP, który w ten sposób redukuje się NADPH + H⁺. W wyniku wędrowki pary elektronów powstaje zatem cząstecz-

ka zredukowanego fosforanu dwunukleotydu nikotynamido-adeninowego (NADPH + H⁺) na zewnątrz oraz cztery protony we wnętrzu grana. Błona gran jest przepuszczalna dla jonów chlorkowych o ładunku ujemnym. Powoduje to wyrównanie ładunku elektrycznego po obu stronach błony, natomiast środowisko wnętrza tylakoidu staje się silnie kwasowe (pH około 4,0), gromadząc kwas solny; różnica pH między obydwoma stronami błony sięga 3,5 jednostki. Protony — dążąc do wyrównania stężeń — przepływają przez cząsteczkę ATP-azy i ładują cząsteczki ADP do ATP, przy czym jedna molekula ATP powstaje przy przepływie trzech jonów H⁺.

Jako bilans wędrowki pary elektronów w łańcuchu fosfosyntetycznym wzbudzonym przez światło powstają zatem na zewnątrz błony tylakoidów: jedna cząsteczka NADPH + H⁺ oraz cząsteczka ATP (a nawet nieco więcej, bo z wędrowki 3 par elektronów mamy 4 cząsteczki ATP). Związki te — ujmowane niegdyś wspólnym określeniem „siły asymilacyjnej” — są konieczne do drugiego (tzw. „ciemnościowego”) etapu fotosyntezy, w którym powstaną węglowodany.

Dr medycyny Jacek Danowski jest adiunktem w Zakładzie Histologii i Embriologii Instytutu Biologiczno-Morfologicznego AM w Łodzi.

NAGRODY NOBLA

Nagroda Nobla w dziedzinie chemii za 1985 rok

Prace, opublikowane przez J. Karlego i H. Hauptmana w latach 1950 i 1953, za które przyznano im po upływie ćwierćwiecza nagrodę Nobla w dziedzinie chemii, nie wydają się na pozór mieć z chemią żadnego związku. Ich tytuły: „Fazy i wielkości czynników strukturalnych” oraz „Rozwiązanie problemu fazowego” sugerują raczej, iż dotyczą one zagadnień fizycznych, a ich treść ma przede wszystkim charakter rozpraw matematycznych. Aby zrozumieć jak wielki wpływ na rozwój chemii, a zwłaszcza na jej trójwymiarowy ogląd molekuł, a także procesów zachodzących z ich udziałem, miały te i następne prace Karlego i Hauptmana, musimy wyjaśnić terminy użyte w przytoczonych wyżej tytułach. Są to kluczowe pojęcia analizy strukturalnej należącej do krystalografii — dyscypliny z pogranicza fizyki i chemii, zajmującej się badaniem ciał stałych o wysokim stopniu uporządkowania budujących je cząsteczek i atomów.

Początki krystalografii jako nauki sięgają pierwszej połowy XVII wieku, kiedy to Kepler opisał symetrię płatków śniegu i podał hipotezę dotyczącą periodycznego ułożenia cząsteczek wody w lodzie (praca pt. *De nive sexangula*). Do końca XIX wieku zebrano ogromny materiał doświadczalny, dotyczący głównie morfologii i własności optycznych substancji krystalicznych, przede wszystkim minerałów. W wieku XIX równoległe z badaniami eksperymentalnymi prowadzono rozważania teoretyczne, zwłaszcza dotyczące

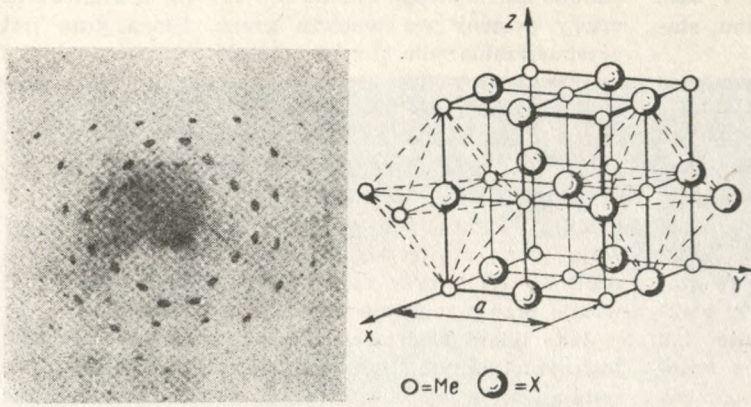
symetrii kryształów, które stanowiły podstawę nowoczesnych badań strukturalnych szybko rozwijających się w wieku XX.

Data i miejsce narodzin rentgenowskiej analizy strukturalnej są ściśle określone: wiosna roku 1912, Monachium. Friedrich, Knipping i Laue wykonali wówczas pierwsze zdjęcie rentgenowskie kryształu siarczanu miedzi, a eksperyment ten zainicjował lawinę dalszych prac teoretycznych i doświadczalnych. Te spośród nich, które można uważać za największe osiągnięcia przedstawiono w porządku chronologicznym w tabeli 1.

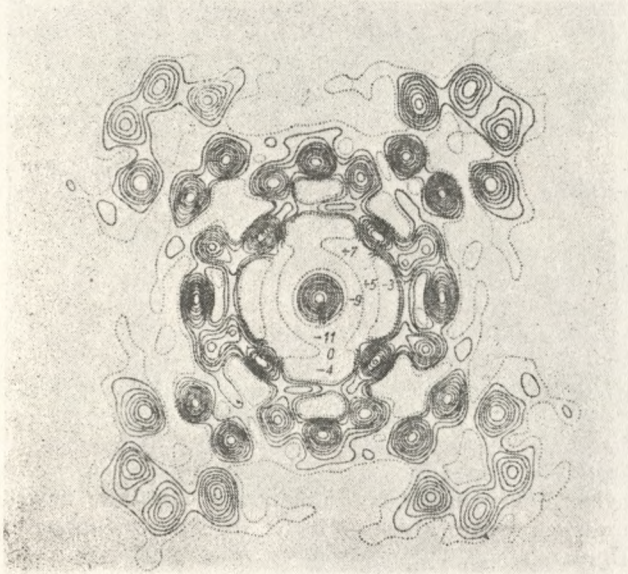
Ta lista sukcesów nie mogłaby powstać, gdyby długość zastosowanego promieniowania rentgenowskiego (0,07—0,30 nm) nie była porównywalna z rozmiarami atomów, a mniejsza od rozmiarów molekuł. Wiemy bowiem z fizyki, że fale elektromagnetyczne, a do takich należy promieniowanie rentgenowskie, mogą nieść w sobie informacje o szczegółach rozpraszających je obiektów tylko wówczas, jeśli rozmiary tych szczegółów nie są mniejsze od długości fali. Dodatkową zaletą promieniowania rentgenowskiego jest to, że stosunkowo łatwo można otrzymać wiązkę monochromatyczną o wystarczającej intensywności i spójności (koherencji).

Falowa natura promieniowania rentgenowskiego (zwanego też promieniowaniem X) pozwala na jego opis przy pomocy takich wielkości jak długość fali, faza i amplituda, znanych z elementarnej fizyki (ryc. 1). Jak zobaczymy niżej, amplituda i faza promieniowania X rozproszonego przez ciało krystaliczne w danym kierunku, a określane odpowiednio mianem modułu i fazy czynnika strukturalnego, mają

Tabela 1. Przegląd najważniejszych osiągnięć analizy strukturalnej



1912—1920
Otrzymanie pierwszych rentgenowskich zdjęć monokryształów, opracowanie teorii dyfrakcji promieniowania X na monokryształach (M. von Laue, W. H. Bragg i W. L. Bragg); wyznaczenie struktury kryształów NaCl, diamentu, FeS_2 , CaCO_3 i innych prostych związków; skonstruowanie spektrometru rentgenowskiego (W. H. Bragg), zastosowanie promieni X do badania próbek polikrystalicznych (Debye i Scherrer)



1920—1930
Rozwój metod dokładnego pomiaru intensywności promieniowania X ugiętego na kryształach; przebadanie struktur krystalicznych wielu skomplikowanych związków nieorganicznych

szczególne znaczenie w rentgenowskiej analizie strukturalnej.

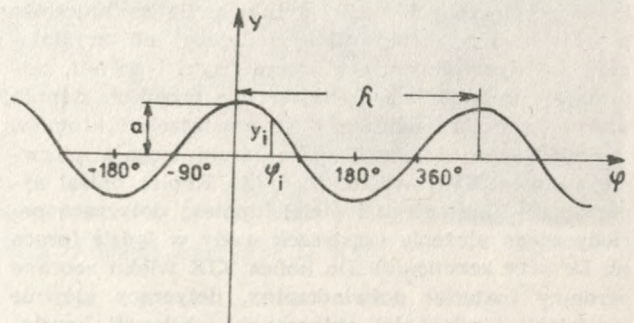
Proces otrzymywania jakiegokolwiek obrazu dowolnego obiektu przy pomocy fali elektromagnetycznej możemy podzielić na dwa etapy:

a) rozpraszanie wiązki promieniowania na obiekcie, przy czym następuje pewna jej modyfikacja pod wpływem oddziaływania z obiektem. W ten sposób informacja o obiekcie zostaje jak gdyby zakodowana w biegnącej fali poprzez zmiany jej fazy i amplitudy,

b) odczytanie informacji przez odpowiedni układ dekodujący, a więc wytworzenie mniej lub bardziej dokładnego obrazu tego obiektu. Nasze oczy i mózg są właśnie takim układem dekodującym, dzięki któremu widzimy obrazy otaczających nas przedmiotów, przekazywane nam przez światło widzialne, rozproszone na tych przedmiotach.

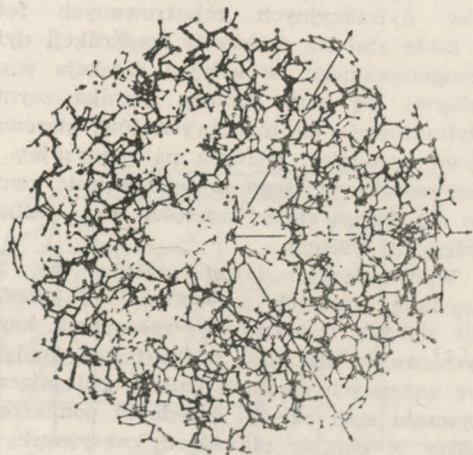
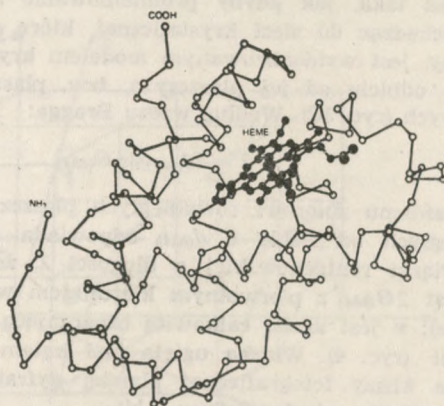
Fala świetlna rozproszona na danym obiekcie biegnie w różnych kierunkach, a więc możemy mówić o pewnym zakresie kątowym wiązki rozproszonej, w którym ją obserwujemy. Jak wykazują liczne eksperymenty, im mniejszy obiekt rozpraszający, tym większy zakres kątowy rozproszonej wiązki światła musimy objąć naszą obserwacją, aby odtworzyć informację zakodowaną w tej wiązce. Stąd, aby oglądać np. bakterie o rozmiarach rzędu 10^{-6} m, musimy użyć mikroskopu wyposażonego w soczewkę zbierającą (rekombinującą) informacje z odpowiednio du-

żego zakresu kątowego rozproszonej na nich wiązki światła. Tak zdekodowany obraz może być w mikroskopie dodatkowo powiększony. Niestety, w przypadku promieniowania rentgenowskiego nie jest możliwe skonstruowanie mikroskopu, który pozwoliłby nam zobaczyć bezpośrednio cząsteczki i atomy. Nie istnieją bowiem materiały, z których można by zbudować soczewki zdolne do odpowiedniego skupienia rozproszonej na tych obiektach wiązki rentgenowskiej i do powiększenia zdekodowanego obrazu. Nie wynika stąd jednak, że należałoby zrezygnować ze stosowania promieniowania rentgenowskiego do przenoszenia informacji o wzajemnym ułożeniu atomów w związkach chemicznych i o wzajemnym ułożeniu molekuł w prze-



Ryc. 1. Wielkości charakteryzujące ruch falowy: λ — długość fali, a — amplituda, y_i — wychylenia dla fazy φ_i ; fala sinusoidalna $y = a \cos \varphi$.

Tabela 1 (c.d.)



strzeni. Trzeba jednak zastosować specyficzną metodykę zarówno kodowania tych informacji, jak też ich odczytywania oraz interpretacji.

Przed wszystkim musimy użyć możliwie uporządkowanego zbioru badanych cząsteczek, gdyż wówczas wiązka monochromatycznego promieniowania rentgenowskiego, przechodząc przez ten zbiór i rozpraszając się na elektronowych powłokach atomów, ulega interferencji dając dobrze zdefiniowany tzw. obraz dyfrakcyjny, a więc właśnie specyficzną zakodowaną informację o ośrodku, przez który przeszła. Różnicę pomiędzy rozproszeniem na obiekcie z chaotycznym ułożeniem elementów rozpraszających, a rozprosze-

1930—1940
Zastosowanie dwuwymiarowej syntezy Fouriera (tzw. projekcje Fouriera) do analizy strukturalnej związków organicznych, w tym ftalocjaniny; rozwój fotograficznych metod pomiaru intensywności promieniowania X, ukazanie się słynnej pracy A. L. Pettersona o możliwości bezpośredniego wyznaczania wektorów międzyatomowych z intensywności promieni X

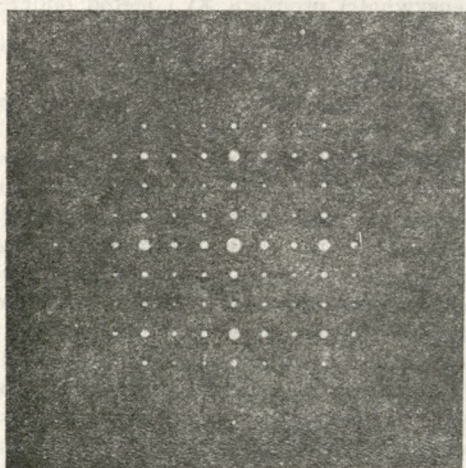
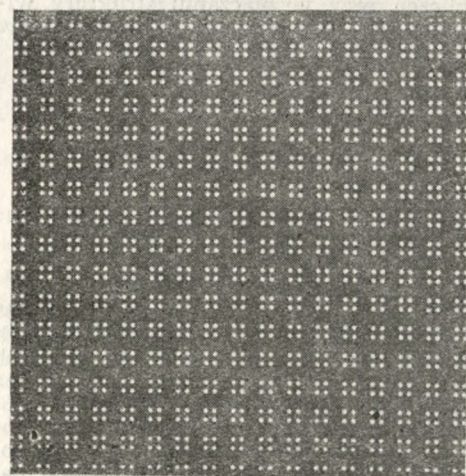
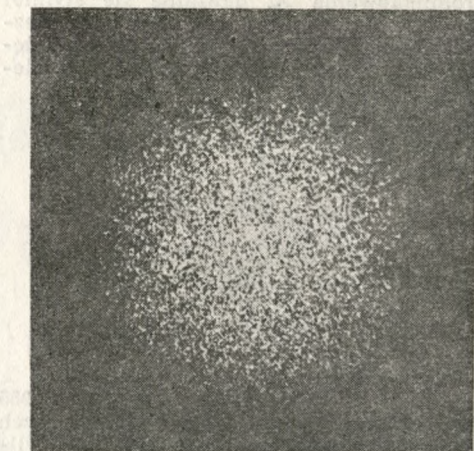
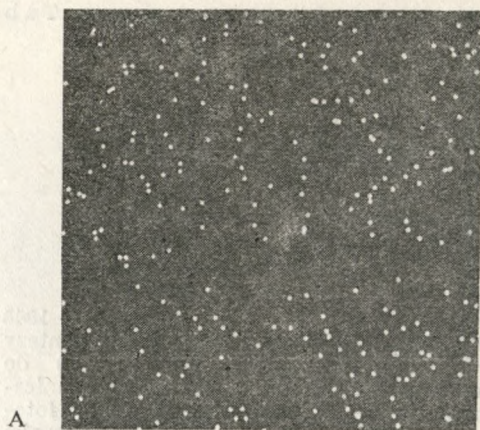
1945—1955
Rozwój badań coraz bardziej złożonych związków organicznych, w tym penicyliny; zastosowanie komputera (SWAC) do obliczeń przy wyznaczaniu struktury witaminy B₁₂ (Hodgkin et al., zakończenie badań w 1957 roku)

1955—1986
Wyznaczenie struktury związków o podstawowym znaczeniu biologicznym jak DNA (Watson i Crick, 1953) hemoglobina (Kendrew i Perutz i wielu innych), insulina (Hodgkin i wsp. 1969—1974), liczne proteiny (obecnie ponad 300), a także enzymy, hormony i leki; rozwój metod badawczych (dyfraktometryczny pomiar intensywności promieni X) i metod obliczeniowych.

niem na uporządkowanym desieniu ułożonym z tych elementów widać na ryc. 2.

Uporządkowane rozmieszczenie cząsteczek w przestrzeni najlepiej uzyskać wprowadzając je w stan krystaliczny, a więc niejako zmuszając do zajęcia miejsc w trójwymiarowym sztyku, przy czym miejsca te są wyznaczone przez oddziaływania międzycząsteczkowe oraz warunki termodynamiczne. Kształt cząsteczek zależy natomiast, jak wiadomo, od oddziaływań międzyatomowych.

Strukturę kryształu, tj. wzajemne ułożenie atomów i cząsteczek w przestrzeni, opisuje się zwykle przy pomocy tzw. sieci krystalicznej, która stanowi bar-



dzo wygodne narzędzie geometryczne, ułatwiające przedstawienie i fizyczno-matematyczne opracowanie wszelkich zjawisk zachodzących w kryształach, podobnie jak siatka topograficzna ułatwia czytanie planów. Oczywiście taka sieć nie istnieje obiektywnie w kryształach i jest jedynie naszą konstrukcją myślową. Powstanie tej konstrukcji oraz takich jej elementów jak proste i płaszczyzny sieciowe oraz komórki elementarne można prześledzić na ryc. 3.

Oddziaływanie wnętrza kryształu, a ściślej mówiąc elektronów, których rozmieszczenie w komórce elementarnej opisuje się przy pomocy tzw. gęstości elektronowej, $\rho(x, y, z)$, z padającą wiązką rentgenowską można sobie wyobrazić jako analogiczne do oddziaływania trójwymiarowej siatki dyfrakcyjnej z wiązką światła widzialnego. Takim modelem zjawiska dyfrakcji na kryształach posłużył się Laue (Nobel 1914). Równoważne, a znacznie wygodniejsze w użyciu ujęcie zaproponował W. L. Bragg (Nobel 1915). Zauważył on, że geometria uzyskanego obrazu dyfrakcyjnego jest taka, jak gdyby promieniowanie rentgenowskie wchodziło do sieci krystalicznej, które, jak pamiętamy, jest wyidealizowanym modelem kryształu, ulegało odbiciu od jej płaszczyzn, tzw. płaszczyzn sieciowych (ryc. 3C). Według wzoru Bragga:

$$\lambda = 2d_{(hkl)} \sin \Theta_{(hkl)}$$

każdemu zbiorowi równoległych płaszczyzn (hkl) oddległych od siebie o $d_{(hkl)}$ odpowiada takie ugięcie wiązki rentgenowskiej o długości λ , że tworzy ona kąt $2\Theta_{(hkl)}$ z pierwotnym kierunkiem wiązki padającej; n jest liczbą całkowitą oznaczającą rząd dyfrakcji (ryc. 4). Wiązka ugięta pod kątem $2\Theta_{(hkl)}$ daje na kliszy fotograficznej plamkę dyfrakcyjną zwaną refleksem od płaszczyzny (hkl) .

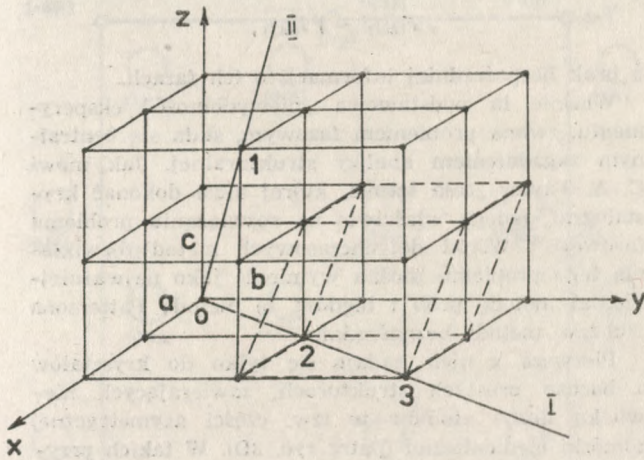
Wzór Bragga ułatwił interpretację geometrii obrazów dyfrakcyjnych rejestrowanych fotograficznie, a także stał się podstawą konstrukcji dyfraktometru rentgenowskiego, w którym detekcja wiązki ugiętej odbywa się przy pomocy licznika scyntylicyjnego. Dyfraktometr do monokryształów, sterowany zwykle przez komputer, pozwala na precyzyjny pomiar intensywności ugiętego promieniowania rentgenowskiego dla dużego zbioru wartości $\Theta_{(hkl)}$ (kilka do kilkudziesięciu tysięcy).

Wprowadzenie dyfraktometrów do laboratoriów krystalograficznych przyspieszyło i uprościło zbieranie danych o obrazie dyfrakcyjnym kryształu. Dotychczasowa technika fotograficzna (nadal niezbędna we wstępnych stadiach badań), polegająca na wykonywaniu serii zdjęć i żmudnym pomiarze zaczerwień kliszy w obrębie plamek dyfrakcyjnych, została zastąpiona „chwytaniem” wiązki ugiętej bezpośrednio

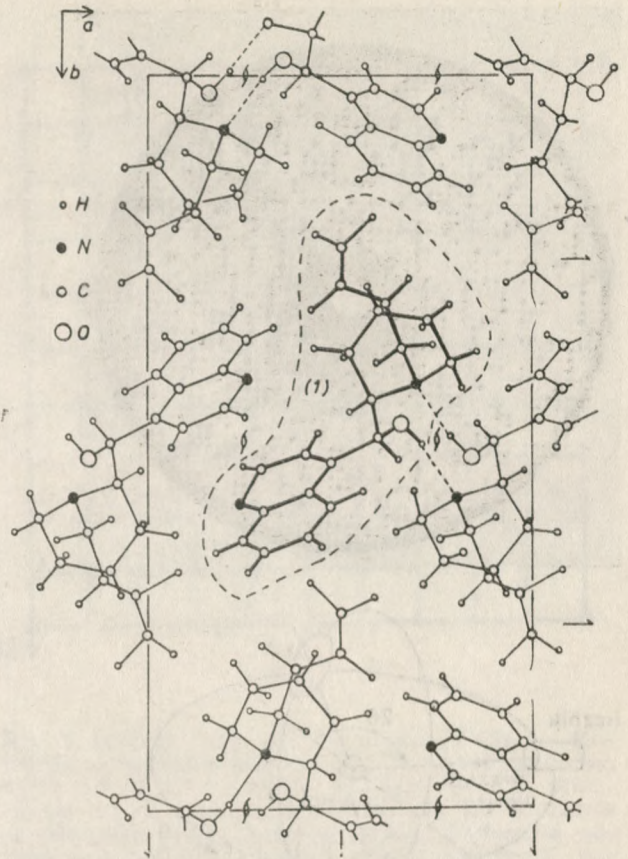
Ryc. 2A, B. Dwuwymiarowy chaotyczny rozkład otworków w przesłonie wprowadzonej w bieg wiązki laserowej (A) i jego obraz dyfrakcyjny w postaci rozmytej plamy (B). C, D. Dwuwymiarowy deseń ułożony z takich samych otworków (C) i jego obraz dyfrakcyjny składający się z uporządkowanych plamek o zróżnicowanej intensywności (D). Zdjęcia te pochodzą z książki *Atlas of optical transforms* (G. Harburn, C. A. Taylor, T. H. Welberry, London 1975), w której przedstawiono liczne optyczne analogi dyfrakcji rentgenowskiej. Godne polecenia jest bardzo poglądowe ujednoczone ujęcie dyfrakcji i tworzenia obrazu przez różne rodzaje promieniowania, przedstawione w książce C. A. Taylora *Images* (London 1978).



Ryc. 3A

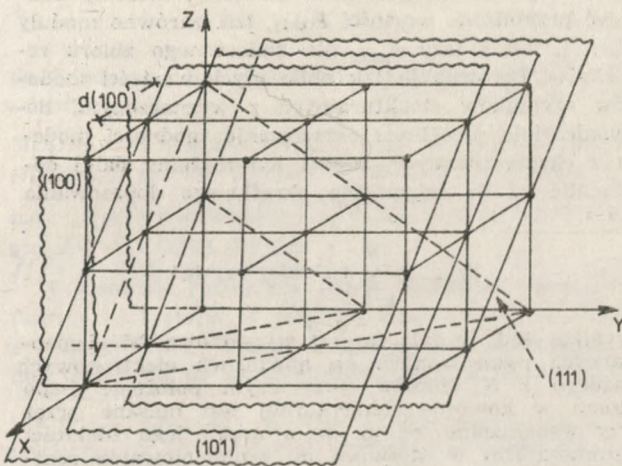


Ryc. 3B



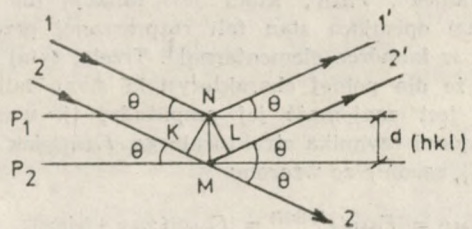
Ryc. 3D

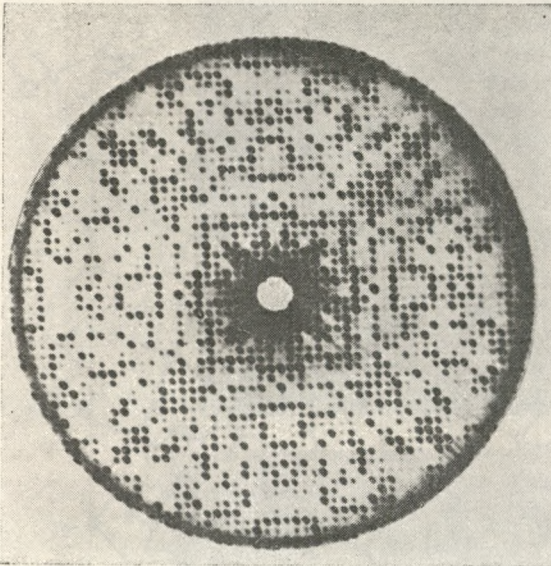
Ryc. 3A. Struktura utworzona z trójwymiarowego motywu w kształcie jabłka periodycznie powtarzającego się w przestrzeni. B. Sieć przestrzenna, w której można opisać strukturę (A). Każdy motyw z (A) jest tu reprezentowany przez punkt zwany węzłem sieci. Wybór tego punktu jest arbitralny, np. środek ciężkości jabłka, nasada ogonka itp. Wszystkie węzły muszą mieć identyczne otoczenie. Jako komórkę elementarną wybrano prostopadłościan o krawędziach a, b, c , z którego można odtworzyć całą sieć. Możliwy jest inny wybór komórki, np. zaznaczonej linią przerywaną. Proste sieciowe, np. I i II są wyznaczone przez węzły, np. odpowiednio 0 i 1 oraz 0, 2 i 3. C. W sieci przestrzennej można wyróżnić nieskończenie wiele płaszczyzn sieciowych o równaniach: $\frac{hx}{a} + \frac{ky}{b} + \frac{lz}{c} = n$ ($n =$ liczba całkowita). Tu pokazano trzy rodziny równoległych płaszczyzn; $d_{(hkl)}$ — odległości międzypłaszczyznowe dla danej rodziny. D. Komórka elementarna krysztalu cynchonidyny zrzutowana na płaszczyznę ab . Wystarczy wyznaczyć pozycje atomów jednej cząsteczki (np. (1) obrysowanej linią przerywaną), a dla pozostałych można te pozycje uzyskać przez poddanie (1) działaniu operacji symetrii względem elementów symetrii obecnych w komórce (dwukrotne osie śrubowe zaznaczone na rzucie). Cząsteczka (1) stanowi zarazem tzw. asymetryczną część komórki elementarnej.



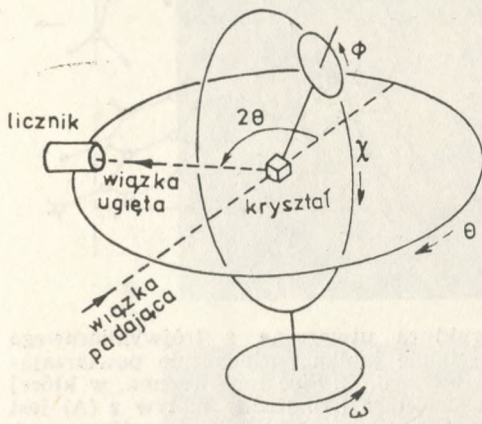
Ryc. 3C

Ryc. 4. Warunkiem wzmocnienia interferujących fal reprezentowanych przez promienie 1' i 2' jest, aby $\Delta s = KM + ML = n\lambda$, gdzie Δs jest różnicą dróg optycznych promieni. $KL = KM = d_{(hkl)} \sin \theta$, P_1, P_2 — płaszczyzny sieciowe z rodziny płaszczyzn (hkl) , n — rząd dyfrakcji, liczba całkowita.





A



B

Ryc. 5A. Rentgenowskie zdjęcie krysztalu lizozymu wykonane tzw. techniką precesyjną. Widoczne plamki dyfrakcyjne, tj. refleksy od płaszczyzn (hkl) . B. Zasada działania dyfraktometru rentgenowskiego do badania monokryształów. W celu wprowadzenia krysztalu w pozycję dającą wiązkę ugiętą w takim kierunku, aby mogła być zarejestrowana przez licznik scyntylacyjny, należy wykonać określone obroty wokół osi φ , χ , ω i Θ

do układu zliczającego kwanty rozproszonego promieniowania rentgenowskiego (ryc. 5). Zamiast kilkunastu czy kilkudziesięciu długotrwałych naświetlań, dostarczających dwuwymiarowych obrazów fotograficznych, wykonuje się obecnie jeden kilkudobowy eksperyment, dający obraz trójwymiarowy w postaci zbiorów refleksów wraz z ich intensywnościami zapisanego na taśmie lub dysku magnetycznym w formie czytelnej dla komputera. W tym właśnie zbiorze zakodowana jest informacja o strukturze, którą mamy odtworzyć. Intensywność, $I_{(hkl)}$, promieniowania ugiętego pod kątem $2\theta_{(hkl)}$ jest proporcjonalna do kwadratu wartości bezwzględnej tzw. czynnika strukturalnego, $F_{(hkl)}$, który jest funkcją (na ogół zespoloną) opisującą stan fali rozproszonej przez N atomów w komórce elementarnej¹. Trzeba tutaj podkreślić, że dla pełnej charakterystyki stanu fali konieczna jest znajomość jej amplitudy, tj. wartości bezwzględnej czynnika strukturalnego, $|F_{(hkl)}|$, jak i fazy, $\varphi_{(hkl)}$, zgodnie ze wzorem:

$$F_{(hkl)} = |F_{(hkl)}| e^{i\varphi_{(hkl)}} = |F_{(hkl)}| (\cos \varphi + i \sin \varphi).$$

Przypomnijmy, że właśnie moduły czynników strukturalnych, tj. $|F_{(hkl)}|$, występują w tytule jednej z najważniejszych prac Karlego i Hauptmana. Dlaczego czynnik strukturalny jest tak ważny w analizie strukturalnej kryształów? Ponieważ zawiera on w sobie informację o strukturze kryształu, tzn. o rozmieszczeniu atomów w przestrzeni (patrz wzór w notce 1). Podaje więc, zdawałoby się sposób „zdekodowania” dyfrakcyjnego obrazu kryształu. Można by przypuszczać, że wystarczy znać intensywności przynajmniej tylu refleksów, ile niewiadomych występuje w równaniu na $F_{(hkl)}$, aby odtworzyć właściwy obraz kryształu z jego obrazu dyfrakcyjnego. Sytuacja nie jest jednak tak prosta, gdyż gęstość elektronowa², której rozkład w komórce elementarnej badanego kryształu jest poszukiwanym przez nas obrazem jego struktury, jest funkcją czynników strukturalnych a nie ich modułów. Tymczasem z eksperymentu są dane dla każdego refleksu jedynie wartości modułów, proporcjonalne do pierwiastka intensywności

$$|F_{(hkl)}| \sim \sqrt{I_{(hkl)}},$$

a brak bezpośredniej informacji o ich fazach.

Właśnie ta podstawowa „niewydolność” eksperymentu, zwana problemem fazowym, stała się centralnym zagadnieniem analizy strukturalnej. Jak mówi C. A. Taylor „cała sztuka, której musi dokonać krytalograf, polega właściwie na rozwiązaniu problemu fazowego”. Wśród dotychczasowych metod rozwikłania tego problemu można wymienić jako najważniejsze: a) metodę prób i błędów, b) metodę Pattersona i c) tzw. metody bezpośrednie.

Pierwsza z nich nadaje się tylko do kryształów o bardzo prostych strukturach, zawierających niewielką liczbę atomów w tzw. części asymetrycznej komórki elementarnej (patrz ryc. 3D). W takich przypadkach udaje się niekiedy przewidzieć optymalne położenia atomów w komórce elementarnej, tzn. zaproponować model struktury. Ze współrzędnych atomów odpowiadających temu modelowi możemy obliczyć przybliżone wartości $F_{(hkl)}$, tzn. zarówno moduły $|F_{(hkl)}|$, jak i fazy $\varphi_{(hkl)}$ dla zmierzonego zbioru refleksów. Porównanie tak obliczonych wartości modułów czynników strukturalnych z wyznaczonymi doświadczalnie umożliwia oszacowanie zgodności modelu z eksperymentem³. Model ten możemy dalej doskonalić aż do osiągnięcia określonego dopasowania

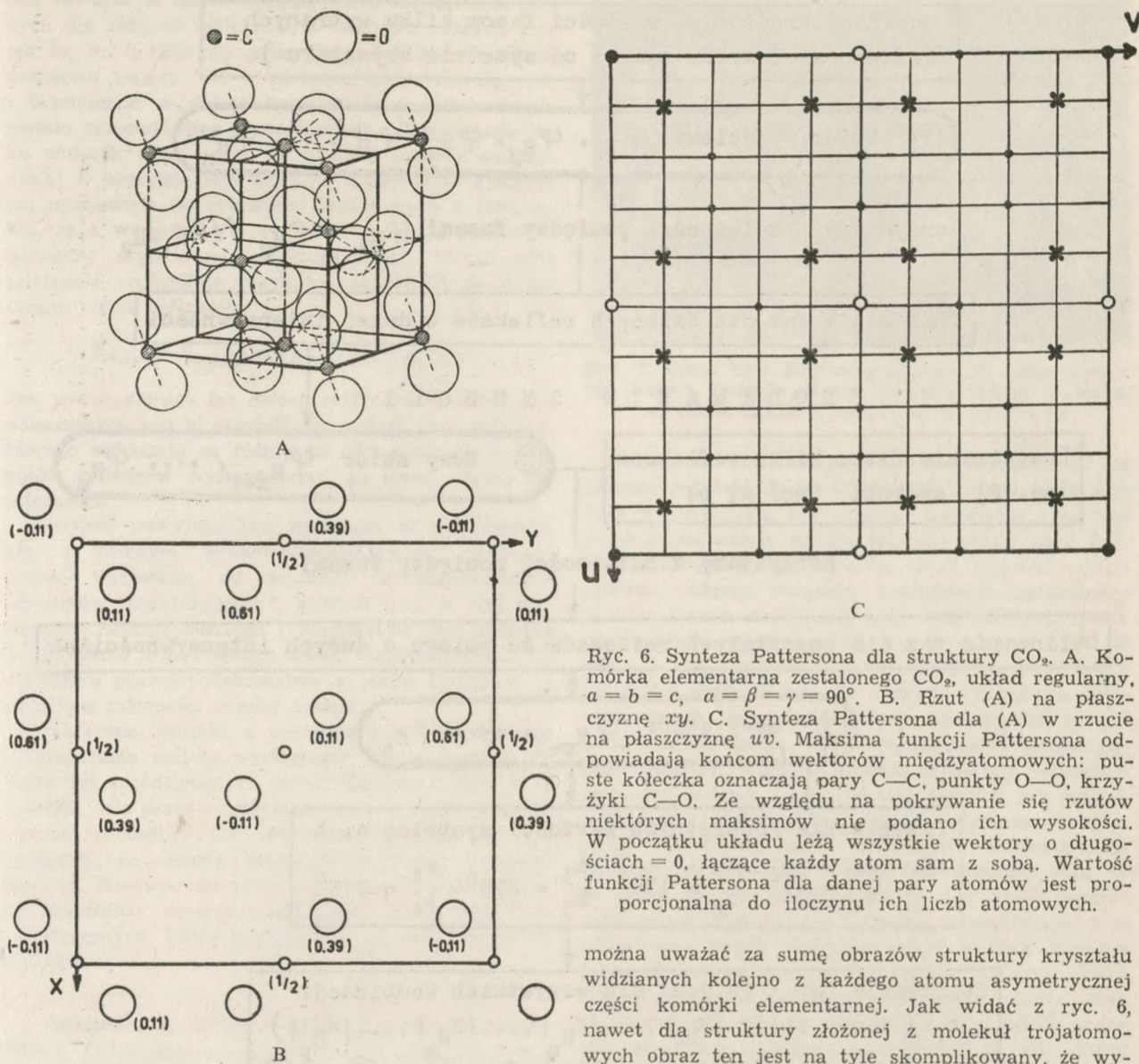
$$F_{(hkl)} = \sum_{j=1}^N f_j e^{2\pi i(hx_j + ky_j + lz_j)}$$

wynika stąd, że fala ta jest wypadkową fal elementarnych rozproszonych na powłokach elektronowych każdego z N atomów, przy czym położenie j -ego atomu w komórce elementarnej jest opisane przez trzy współrzędne x_j , y_j , z_j , a miarą jego zdolności rozpraszającej w stosunku do promieniowania rentgenowskiego jest tzw. czynnik atomowy f_j .

² Gęstość elektronowa można przedstawić przy pomocy szeregu Fouriera:

$$\rho(x, y, z) = 1/V \sum_h \sum_k \sum_l F_{(hkl)} e^{-2\pi i(hx + ky + lz)},$$

w którym współczynnikami są czynniki strukturalne, a V jest objętością komórki elektrycznej. Funkcję $\rho(x, y, z)$ zwaną rozkładem gęstości elektronowej przedstawia się często w postaci map, na których „poziomicie” stanowią linie o tej samej gęstości elektronowej.



Ryc. 6. Synteza Pattersona dla struktury CO₂. A. Komórka elementarna zestalonego CO₂, układ regularny, a = b = c, α = β = γ = 90°. B. Rzut (A) na płaszczyznę xy. C. Synteza Pattersona dla (A) w rzucie na płaszczyznę uv. Maksima funkcji Pattersona odpowiadają końcom wektorów międzyatomowych: puste kółeczka oznaczają pary C—C, punkty O—O, krzyżyki C—O. Ze względu na pokrywanie się rzutów niektórych maksimów nie podano ich wysokości. W początku układu leżą wszystkie wektory o długościach = 0, łączące każdy atom sam z sobą. Wartość funkcji Pattersona dla danej pary atomów jest proporcjonalna do iloczynu ich liczb atomowych.

do wyników doświadczalnych, co można przedstawić schematycznie:

MODEL I → obliczenie $|F_{(hkl)}|$ → porównanie z $\sqrt{I_{(hkl)}}$ → zmiana położenia atomów → MODEL II → obliczenie $|F_{(hkl)}|$ → porównanie z $\sqrt{I_{(hkl)}}$ → zmiana położenia atomów → MODEL III itd.

W metodzie Pattersona omija się niejako problem fazowy korzystając z wartości $|F_{(hkl)}|^2$, które są dane z intensywności refleksów, zmierzonych doświadczalnie. Obliczoną na ich podstawie funkcję Pattersona⁴

³ Miarą zgodności modelu z eksperymentem jest tzw. czynnik lub wskaźnik rozbieżności (gdzie obl — oznacza wielkości obliczone, a obs — obserwowane tj. zmierzone), który powinien mieć jak najmniejszą

$$R = \frac{\sum_{hkl} (|F_{(hkl)}|_{obs} - |F_{(hkl)}|_{obl})}{\sum_{hkl} |F_{(hkl)}|_{obs}}$$

wartość. Przy obecnych metodach uściślenia struktur wynosi on 1—5%.

⁴ Funkcja Pattersona:

$$P(u, v, w) = 1/V \sum_h \sum_k \sum_l |F_{(hkl)}|^2 e^{2\pi i(hu + kv + lw)}$$

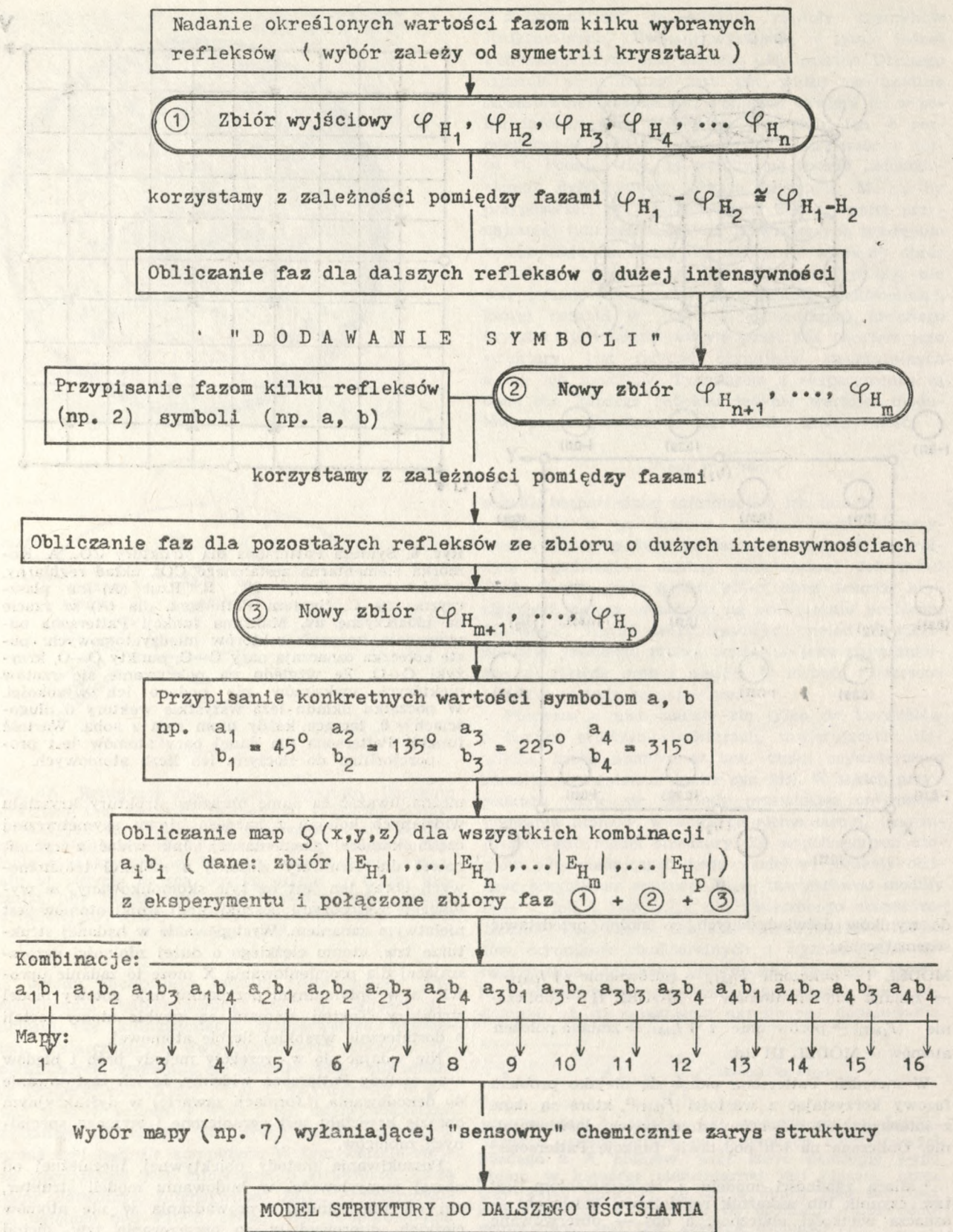
można uważać za sumę obrazów struktury kryształu widzianych kolejno z każdego atomu asymetrycznej części komórki elementarnej. Jak widać z ryc. 6, nawet dla struktury złożonej z molekuł trójatomowych obraz ten jest na tyle skomplikowany, że wyłowienie zeń pozycji poszukiwanej trójki atomów jest niełatwym zadaniem. Występowanie w badanej strukturze tzw. atomu ciężkiego o dużej zdolności rozpraszającej dla promieniowania X może to zadanie uprościć, a w optymalnym przypadku daje gotowy model struktury. Takimi atomami są zwykle atomy metali o dostatecznie wysokiej liczbie atomowej.

Nie wdając się w szczegóły metody prób i błędów oraz metody Pattersona widzimy, że ich zastosowanie do dekodowania informacji zawartej w dyfrakcyjnym obrazie kryształu jest ograniczone i wymaga specjalnych zabiegów.

Poszukiwania metody obiektywnej, niezależnej od naszej pomysłowości w budowaniu modeli struktur, ani od umiejętności wprowadzania w nie atomów ciężkich, doprowadziły do opracowania tzw. metod bezpośrednich rozwiązywania struktur. Te właśnie metody stały się przedmiotem prac wyróżnionych nagrodą Nobla dla Karlego i Hauptmana.

Według słów Karlego „bezpośrednie wyznaczenie

pozwała na wyznaczenie pozycji końców wektorów międzyatomowych o składowych u, v, w, gdzie u = x_i - x_j, v = y_i - y_j, w = z_i - z_j, a x_i, y_i, z_i, x_j, y_j, z_j są współrzędnymi atomów połączonych tymi wektorami w parę.



Ryc. 7. Typowy przebieg rozwiązywania struktury metodą dodawania symboli.

struktury polega na oszacowaniu faz czynników strukturalnych wprost z wartości amplitud rozproszonego promieniowania, które to amplitudy są dane przez doświadczalnie zmierzone intensywności”.

Jak można pogodzić treść powyższego zdania z istnieniem sygnalizowanego tutaj „problemu fazowego”,

tj. niemierzalności faz promieniowania rentgenowskiego ugiętego na kryształach? Okazuje się, że jest to sprzeczność pozorna. Wprowadźcie informacja o fazie danego czynnika strukturalnego, $F_{(hkl)}$, rzeczywiście nie może być odczytana z indywidualnego pomiaru odpowiadającej mu intensywności $I_{(hkl)}$, to jednak jest

ona zawarta w całym zbiorze intensywności zmierzonych dla różnych refleksów, a więc dla różnych trójek h_i, k_i, l_i , których może być od kilku do kilkudziesięciu tysięcy. To, w pewnym sensie rewolucyjne i brzemienne w dalsze konsekwencje, stwierdzenie zostało sformułowane przez Karlego i Hauptmana jako wniosek z założenia, że rozkład gęstości elektronowej w kryształach jest wszędzie nieujemny. Wykazali oni mianowicie (w cytowanej wyżej pracy z 1950 roku), że z warunku $\rho(x, y, z) \geq 0$ wynikają zależności pomiędzy czynnikami strukturalnymi⁵. Wśród tych zależności szczególnie przydatne są relacje pomiędzy fazami trójek refleksów:

$$\varphi_{(h_1 k_1 l_1)} - \varphi_{(h_2 k_2 l_2)} \cong \varphi_{(h_1 - h_2, k_1 - k_2, l_1 - l_2)}$$

Jak widać, różnica faz dwóch refleksów o dowolnych wskaźnikach jest w przybliżeniu równa fazie refleksu, którego wskaźniki są różnicami odpowiednich wskaźników refleksów występujących po lewej stronie tej zależności.

Równość powyższa jest spełniona w przybliżeniu, tzn. z pewnym prawdopodobieństwem, zależnym przede wszystkim od wartości znormalizowanych czynników strukturalnych⁶, których fazy w niej występują. Zasługą Karlego i Hauptmana jest również zastosowanie odpowiednich teorii matematycznych do obliczenia prawdopodobieństwa w jakim spełnione są określone zależności między fazami.

Praktyczne wnioski z teoretycznych prac Karlego i Hauptmana zostały wyciągnięte już w drugiej połowie lat pięćdziesiątych przez Karlego i jego żonę Isabelle. Ich prace eksperymentalne z zastosowaniem własnej procedury tzw. dodawania symboli (ryc. 7) wykazały, że metody bezpośrednie można z powodzeniem stosować do rozwiązywania struktur zarówno kryształów centrosymetrycznych jak i niecentrosymetrycznych, które początkowo stanowiły poważny problem.

⁵ Zależności te można zapisać w formie wyznacznika:

$$D_m = \begin{vmatrix} F_0 & F_{-H_1} & F_{-H_2} & \dots & F_{-H_{n-1}} \\ F_{H_1} & F_0 & F_{H_1-H_2} & \dots & F_{H_1-H_{n-1}} \\ F_{H_2} & F_{H_2-H_1} & F_0 & \dots & F_{H_2-H_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_{H_{n-1}} & F_{H_{n-1}-H_1} & F_{H_{n-1}-H_2} & \dots & F_0 \end{vmatrix} \geq 0$$

gdzie H_i oznacza trójkę wskaźników h_i, k_i, l_i ; $H_i - H_j = h_i - h_j, k_i - k_j, l_i - l_j$, m — rząd wyznacznika, który może być dowolnie duży, zaś F_0 jest sumą wszystkich elektronów należących do atomów w komórce elementarnej. Dla $m = 3$ wyznacznik ten redukuje się do fragmentu zaznaczonego linią przerywaną. Ten właśnie wyznacznik, D_3 , daje relację pomiędzy trójkami refleksów, o ile występujące w nim czynniki są dostatecznie duże.

⁶ Znormalizowane czynniki strukturalne, $E_{(hkl)}$, są używane w metodach bezpośrednich zamiast $F_{(hkl)}$, gdyż ich moduły są tak obliczane z wartości $|F_{(hkl)}|$, że zależą jedynie od rozmieszczenia atomów i od ich liczb atomowych, a drgania termiczne atomów nie mają na nie wpływu.



Ryc. 8. Zjazd Unii Krystalograficznej w Liège (1983): od prawej Isabella Karle, Jerome Karle, autorka, dr A. M. Glazer (Oxford), dr K. Stadnicka

Pierwszym niecentrosymetrycznym kryształem, dla którego państwo Karle wyznaczyli strukturę tą metodą w 1964 roku, był kryształ L-argininy. Wkrótce pojawiły się dalsze wyniki prac tej samej pary krystalografów, dotyczące struktur zasad kwasów nukleinowych, różnych związków pochodzenia naturalnego (w tym toksyn niektórych żab), antybiotyków, leków nasercowych, peptydów, steroidów i jonoforów. W wielu z nich odkryto nowe i niespodziewane cechy nie tylko strukturalne, ale i czysto chemiczne. Najważniejszym osiągnięciem było jednak to, że od chwili praktycznego zastosowania metod bezpośrednich stało się możliwe badanie struktury substancji złożonych jedynie z tzw. lekkich atomów jak węgiel, tlen, azot i wodór. Coraz szersze stosowanie komputerów umożliwia coraz doskonalszą automatyzację obliczeń przy pomocy metod bezpośrednich, tak że w całym świecie funkcjonuje obecnie wiele programów pozwalających na szybkie, automatyczne rozwiązywanie zadań stojących przed analizą strukturalną. Większość ukazujących się obecnie prac strukturalnych bazuje na metodach bezpośrednich. Jeśli uświadomimy sobie, że owocem każdej takiej pracy jest struktura cząsteczki chemicznej ze wszystkimi długościami wiązań międzyatomowych (z dokładnością do dziesięciotysięcznych części nm), kątów między wiązaniami (z dokładnością do dziesiątych lub setnych części stopnia) oraz danymi o konformacji cząsteczek, a także o oddziaływaniach międzycząsteczkowych oraz o ułożeniu molekuł w przestrzeni, możemy sobie zdać sprawę z tego, jak olbrzymi bank informacji chemicznych powstał i wzrasta (kilka tysięcy struktur rocznie) dzięki pracom Karlego i Hauptmana. Obydwaj nobliści dalej rozwijają teorię zbudowaną przez siebie w latach pięćdziesiątych i opracowują jej praktyczne zastosowanie. Każdy z nich oddzielnie dąży obecnie do takiego udoskonalenia metod bezpośrednich, aby stały się one narzędziem do odtwarzania obrazów coraz bardziej skomplikowanych struktur takich jak proteiny i kwasy nukleinowe, a także struktur „upartych”, które z jakichś jeszcze niewyjaśnionych przyczyn nie poddały się żadnym próbom ich rozszyfrowania.

Barbara J. Oleksyn

ROZNICE

Wspomnienie w setną rocznicę urodzin Władysława Szafera (1886—1970)

Minęło niedawno 100 lat od urodzin prof. dr Władysława Szafera. Z tej okazji warto przypomnieć postać tego wspaniałego człowieka i przyrodnika, polskiego uczonego o światowej sławie, niestrudzonego działacza ochrony przyrody.

Urodził się 23 lipca 1886 r. w Sosnowcu, jednakże właściwym jego miastem rodzinnym był Mielec, tam bowiem mieszkali stale jego rodzice, tam spędził lata dziecięce i zaczął uczęszczać do szkoły.

Rodzina Szaferów wywodziła się z osiadłych w Galicji kolonistów niemieckich, którzy szybko się spolszczyli, a nawet stali się gorącymi patriotami polskimi. Dziadek Władysława, Jan Szafer (1815—1885) brał udział w powstaniu listopadowym, został wówczas ranny i dostał się do niewoli rosyjskiej, zdołał jednak z niej zbiec. W okresie Wiosny Ludów za udział w przygotowaniach akcji zbrojnej przeciw zaborcom Polski został przez władze austriackie skazany na śmierć. Szczęśliwie jednak do egzekucji nie doszło, gdyż nagle zmiany w sytuacji politycznej skłoniły Austriaków do ogłoszenia amnestii i Jana Szafera zwolniono z aresztu. W późniejszych latach brał on udział w przygotowaniach do kolejnego powstania.

Wydarzenia te, często wspomniane przez jego dzieci, zwłaszcza przez inż. Mieczysława Szafera (1864—1932), ojca Władysława, za pietyzmem przechowywane



Prof. dr Władysław Szafer (w środku) w towarzystwie profesorów: Bronisława Szafrana (po lewej stronie) i Andrzeja Środonia (po prawej).

przez rodzinę pamiątki z tamtych lat, a także fakt, że i drugi dziadek Profesora ze strony matki, Konstanty Radziwanowski, był również powstańcem, wszystko to pobudzało żywo wyobraźnię małego Władysława, który dzięki temu miał od wczesnego dzieciństwa wszczepione gorące umiłowanie Polski, uciśnionej wówczas niewolą. Wyniesione z domu rodzinnego uczucia głębokiego patriotyzmu były niewątpliwie głównym motorem jego całej późniejszej działalności. Świadczą o tym jego własne słowa napisane pod koniec życia: „... przez naukę, krzewienie oświaty, a zwłaszcza idei ochrony przyrody, szukałem dróg odzyskania i utrzymania niepodległości dla swego narodu”.

Z domu rodzinnego wyniósł Władysław Szafer również prawdziwe umiłowanie przyrody. Niewątpliwie uczucia te zrodziły się w nim pod wpływem ojca, który chociaż z zawodu był inżynierem architektem, wiele czasu poświęcał hodowaniu roślin ozdobnych; w Mielcu przy domu założył piękny ogród i troskliwie go pielęgnował, w okolicy zaś znany był między innymi z tego, że z amatorstwa szczepił po miedzach dzikie róże. Władysław Szafer wcześniej więc zetknął się ze światem roślin, a wrodzona ciekawość już w młodym wieku obudziła w nim chęć poznania wszystkiego, co go otaczało. Okolice Mielca, pobliskie lasy łąkowe nad Wisłoką, to były zaczarowane krainy, które przebiegał oczarowany ich urodą. Zetknięcie się ze skromnymi zbiorami przyrodniczymi w miejscowej Szkole Ludowej, w jeszcze większym stopniu rozbudziły jego wyobraźnię. Toteż po przejściu do gimnazjum, do którego uczęszczał w Rzeszowie, cały swój młodzieńczy zapał skierował ku zgłębieniu nauk przyrodniczych. Jego pedagodzy — zwłaszcza prof. Wilhelm Friedberg (1873—1941) — doceniali na szczęście te zamiłowania, potrafili je rozwijać, nakłaniając do samodzielnego pogłębiania wiedzy.

Maturę w rzeszowskim gimnazjum Szafer zdał w 1905 r. Był wówczas człowiekiem w pełni dojrzałym umysłowo, świadomym celu do którego zmierzał, nie miał więc żadnego kłopotu z wyborem zawodu. W pamiętniku jaki pozostawił, stwierdził wyraźnie: „...nigdy mi nawet na myśl nie przyszło, ażeby być kimś innym w życiu, aniżeli botanikiem”. Studia uniwersyteckie rozpoczął w Wiedniu, gdyż przyciągała go tam sława znakomitego wówczas systematyka i fizjologa roślin, prof. Richarda Wettsteina (1863—1931).

Po trzech latach wyjątkowej pracy, uwieńczony opublikowaniem pierwszej samodzielnej rozprawy naukowej, Władysław Szafer przeniósł się z Wiednia do Lwowa, aby tam ukończyć studia pod kierunkiem ukochanego swego mistrza prof. Mariana Raciborskiego (1863—1917). Poznał go jeszcze w czasach gimnazjalnych i odtąd na zawsze pozostał pod urokiem jego osobowości, odznaczającej się miłym usposobieniem, bystrością umysłu, pracowitością, rozległą wiedzą, życzliwością i dobrocią dla ludzi, a nade wszystko wielkim patriotyzmem i wrażliwością na piękno przyrody. Wiele z tych cech miał także Władysław Szafer, nic zatem dziwnego, że obaj czuli do siebie sympatię, która u Szafera, pełnego podziwu dla swego mistrza, przerodziła się w trwałe do niego przywiązanie.

Dla wszystkich swoich nauczycieli prof. Szafer zachował przez całe życie głęboką wdzięczność i szacu-

nek, co było niewątpliwie pięknym rysem jego charakteru. Wspominał ich przy każdej nadarzącej się okazji i nieraz stwierdzał: „Byłem szczęśliwy, gdyż miałem wielkich nauczycieli”. Jednakże Raciborskiego darzył szczególnym uczuciem. Od 1908 r. był jego asystentem. Przy jego boku naturalne skłonności Szafera, takie jak umiłowanie przyrody i żywe zainteresowanie różnymi jej dziedzinami, sumienne wypełnianie przyjętych na siebie obowiązków, wewnętrzna potrzeba popularyzowania wiedzy w społeczeństwie, jeszcze się pogłębiły. Szafer wdzięczny był mu za to, jak też za wszelkie rady, wskazówki i naukę, i w późniejszych latach niemal stale miał jego nazwisko na ustach. Wspominał go na wykładach, na różnych uroczystościach i zebraniach, a nawet w prywatnych rozmowach. Uważał go zawsze za największego polskiego botanika.

Przy Raciborskim Szafer zetknął się po raz pierwszy z ideą ochrony przyrody, która poza botaniką stała się jego drugą dziedziną, jakiej poświęcił się bez reszty. Po latach zapytany, dlaczego właśnie ona stała się jego pasją życiową, odpowiedział, że to Raciborski pokazał mu szerokie horyzonty nauki i uświadomił go, iż w życiu naukowca są dwie ważne i równorzędne prace: naukowa i społeczna; że on nauczył go jak propagować naukę i ochronę przyrody. Wcześniej też Szafer dał się poznać jako jej szermierz i na zjeździe Galicyjskiego Towarzystwa Leśnego w 1909 r. przedstawił wniosek, aby zinwentaryzować w Galicji drzewa i zespoły leśne zasługujące na ochronę. Nieco wcześniej opublikował pierwszą notatkę dotyczącą tych spraw, kilka miesięcy później zaś następną, i już wtedy ujawniła się jego umiejętność przystępnego podawania treści naukowych, a zarazem talent literacki i zapał z jakim traktował ochronę przyrody, o której pod koniec życia napisał: „Przeżyłem z jej powodu wiele radości, ale i wiele smutków. A chociaż to, po co w tej dziedzinie w życiu rękę wyciągałem, najczęściej uciekało ode mnie, to przecie dzisiaj, u schyłku tej pracy, której owoce są skromne i nie mają niestety zapewnionej trwałości, muszę wyznać, że były one najbliższe mojemu sercu”.

W roku 1910 Władysław Szafer uzyskał tytuł doktora filozofii i w ciągu następnych dwu lat odbył studia uzupełniające z zakresu leśnictwa w Akademii Ziemiańskiej w Wiedniu, a potem w Monachium, spełniając tym samym warunek, jaki mu postawiono, proponując objęcie samodzielnego stanowiska w Wyższej Szkole Lasowej we Lwowie. W tej uczelni wykładał potem botanikę leśną, a równocześnie prowadził badania nad modrzewiem polskim, które miały być przedmiotem jego pracy habilitacyjnej. Plany te pokrzyżował, niestety, wybuch I wojny światowej. Szafer zaciągnął się wtedy jako ochotnik do Legionu Wschodniego pod dowództwo Józefa Hallera, lecz po rychłym rozformowaniu tej jednostki został skierowany przez władze austriackie do Krakowa na przeszkolenie w dziedzinie bakteriologii. Potem musiał pracować w charakterze bakteriologa w Łagiewnikach pod Krakowem, a następnie w Tarnowie, Kielcach i Lublinie. Przenosiny z jednej miejscowości do drugiej sprzyjały poznawaniu nowych okolic kraju oraz zawieraniu różnych znajomości i przyjaźni, co zaowocowało w późniejszych latach, gdy nadszedł czas rozwijania różnorodnej działalności.

W marcu 1917 r. zmarł Marian Raciborski, będący od paru lat profesorem Uniwersytetu Jagiellońskiego

w Krakowie. Szafer boleśnie odczuł stratę ukochanego profesora, który na zawsze pozostał dla niego niedościgłym wzorem człowieka i uczonego. Niebawem też przyszło mu zająć jego miejsce na uczelni. Jeszcze bowiem w 1917 r. zwolniono Szafera z wojska w związku z tym, że zaproponowano mu objęcie opróżnionej po Raciborskim katedry botaniki w Uniwersytecie Jagiellońskim. Na tym stanowisku i jako dyrektor Ogrodu Botanicznego w Krakowie, prof. Szafer pracował do chwili przejścia na emeryturę w 1960 r. W latach 1936/1937 i 1937/1938 był rektorem Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz w czasie okupacji niemieckiej tajnym rektorem, ponadto funkcję prorektora tej uczelni pełnił w latach 1945/1946 i 1946/1947.

Jako wybitny uczony prof. Szafer skupił wokół siebie liczne grono współpracowników i uczniów, których umiał zapalić do wydajnej pracy naukowej. Utrzymywał z nimi bliski kontakt, czy to odwiedzając ich w poszczególnych pracowniach, wspierając radą i podsuwając nowe tematy badań, biorąc udział we wspólnych wycieczkach, czy też spotykając się z nimi na sławnych czwartkach szaferowskich, czyli cotygodniowych zebraniach, które w zamyśle Profesora były kontynuacją zwyczaju zapoczątkowanego niegdyś przez Raciborskiego. Ciekawe tematy referatów i żywe dyskusje, jakie na tych „czwartkach” toczono, przyciągały nie tylko rzesze botaników, lecz często także przyrodników innych specjalności, a niekiedy nawet przedstawicieli innych zawodów.

Prof. Władysław Szafer był człowiekiem pełnym inwencji twórczej. Własne badania naukowe prowadził z zakresu morfologii, systematyki i geografii roślin, a także paleobotaniki, stosując przy tym najnowsze metody badawcze. Zapoczątkował w Polsce i rozwinął badania fitosocjologiczne metodą Braun-Blanqueta, w paleologii zaś stosowanie biometrii, paleologii, dendrochronologii, anatomii drewna czy paleoekologii, które umożliwiły poznanie i opisanie zarówno współczesnej flory Polski, jak też ustalenie stratygrafii krajowej flory kopalnej w okresie czwartorzędu i częściowo trzeciorzędu. W ramach stworzonego przez siebie Instytutu Botaniki PAN zorganizował szereg pracowni, rozwijających pomyślnie wspomniane dziedziny nauki i kontynuujących zapoczątkowane przez niego badania.

Od 1920 r. prof. Szafer był członkiem Polskiej Akademii Umiejętności, a potem od 1951 r. Polskiej Akademii Nauk, biorąc zawsze czynny udział w pracach tych organizacji. W uznaniu jego ogromnego dorobku naukowego, liczącego blisko 700 pozycji, doczekał się licznych wyróżnień. Członkostwo honorowe przyznało mu Wszechzwiązkowe Towarzystwo Botaniczne w Leningradzie i Royal Society w Edynburgu, ponadto towarzystwa polskie: Botaniczne, Geograficzne, Geologiczne, Leśne, Przyrodników im. Kopernika i Liga Ochrony Przyrody. Prof. Władysław Szafer został też laureatem nagrody naukowej Warszawskiego Towarzystwa Naukowego, doktorem honoris causa Uniwersytetu Jagiellońskiego, Uniwersytetu im. Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie i Uniwersytetu Karola w Pradze. Za całokształt pracy naukowej otrzymał nagrodę państwową I stopnia, był też odznaczony m. in. orderem Sztandaru Pracy I klasy, Krzyżem Komandorskim i Krzyżem Komandorskim z Gwiazdą Orderu Odrodzenia Polski.

Prof. Władysław Szafer był człowiekiem niezwykle pracowitym, umiał przy tym tak ułożyć sobie rozkład

zająć, że mimo licznych obowiązków, pracy dydaktycznej (był wspaniałym wykładowcą), prowadzenia własnych badań naukowych, pisanie artykułów i podręczników, znajdował zawsze czas dla spraw ochrony przyrody. Było to trudne i nieraz niewdzięczne pole do działania, mimo to Profesor nigdy go nie porzucił i stał się jedną z czołowych postaci ochrony przyrody i głównym jej organizatorem. Po uzyskaniu przez Polskę niepodległości już 7 lutego 1920 r. został przewodniczącym Tymczasowej Komisji Ochrony Przyrody (powołanej przez ministra Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego), a z dniem 1 stycznia 1926 r. przewodniczącym Państwowej Rady Ochrony Przyrody, utworzonej w miejsce poprzedniej Komisji. Równocześnie objął wtedy urząd delegata ministra WRiOP do spraw ochrony przyrody.

Skupiwszy tyle agend w swoim ręku, prof. Szafer walczył odtąd nieustępliwie o zachowanie cennych obiektów przyrody ojczystej, o utworzenie parków narodowych i rezerwatów przyrody, o wydanie ustawy o ochronie przyrody. Zaczął też wydawać różne publikacje poświęcone tej dziedzinie. W 1926 r. zaproponował utworzenie Ligi Ochrony Przyrody i niebawem doprowadził do jej powstania. W jego zamysśle organizacja ta miała być pomocna w realizowaniu niektórych zadań, zwłaszcza w popularyzowaniu idei ochrony przyrody w społeczeństwie i zbieraniu funduszy na wykup terenów godnych ochrony. Prof. Szafer był inicjatorem utworzenia większości obecnie istniejących parków narodowych, zwłaszcza Białowieskiego, Pienińskiego, na Babiej Górze, Ojcowskiego i Tatrzańskiego, po II wojnie światowej zaś parków nadmorskich. Nie zapominał przy tym o ochronie drobnych obiektów przyrody, takich jak osobliwe skałki, głązy narzutowe czy rzadkie rośliny. Zwracał specjalną uwagę na ochronę starych drzew, które były mu szczególnie bliskie. Gdy 4 listopada 1965 r. ówczesny prezes LOP, prof. Franciszek Krzysik, wręczał mu złotą odznakę tej organizacji i napomknął, że jest on nie tylko botanikiem, ale i leśnikiem — prof. Szafer przytaknął i powiedział wówczas, że chyba każdy lubi drzewa i nosi w sercu obraz jakiegoś swego wybranego drzewa. Jeśli chodzi o Profesora, w jego sercu było tych drzew zapewne bardzo dużo, zwłaszcza dębów, bo im starsze tym były mu droższe. Wiele z nich uratował przed ścięciem.

W 1945 r. natychmiast po ustaniu działań wojennych prof. Szafer zgromadził wokół siebie wszystkich, którzy garnęli się do pracy naukowej lub społecznej i przebywali w Krakowie. Jeszcze w tym samym roku rozpoczął wykłady uniwersyteckie, dalsze badania naukowe, został znowu przewodniczącym Państwowej Rady Ochrony Przyrody i delegatem ministra oświaty do spraw ochrony przyrody. Po zniszczeniach wojennych wiele spraw trzeba było zaczynać od nowa, a jednak prace pod jego kierunkiem nabrały od razu rozmachu.

W 1950 r. nastąpiły duże zmiany w dotychczasowej organizacji ochrony przyrody, między innymi przestał istnieć urząd delegata ministra oświaty do tych spraw. Aby nie dopuścić do likwidacji biura delegata, do rozpierzchnięcia się jego personelu i do rozproszenia specjalistycznej biblioteki i archiwum prof. Szafer spowodował przekształcenie tej placówki w Krakowie w siedzibę Komitetu Ochrony Przyrody PAU, a następnie w 1952 r. w Zakład Ochrony Przyrody PAN, którym kierował do 1960 r.

Prof. Władysław Szafer położył ogromne zasługi nie tylko dla rozwoju ochrony przyrody w Polsce, ale i na świecie. Przez podtrzymywanie żywych kontaktów z działaczami innych krajów, przez ciągłe przypomnianie o potrzebie zawiązania światowej organizacji ochrony przyrody i rozpatrywania problemów z nią związanych w skali globalnej, przyczynił się wielce do utworzenia Międzynarodowej Unii Ochrony Przyrody. Brał udział między innymi w decydującej dla powstania Unii konferencji w 1947 r. w Brunnen, uczestniczył potem w kolejnych jej zebraniach technicznych i kongresach, przyczynił się ponadto w 1956 r. do uzupełnienia jej nazwy o słowa: „I Jej Zasobów”, a tym samym do rozszerzenia zakresu jej działania. W uznaniu tych zasług został w 1958 r. jednym z sześciu honorowych członków Unii.

Prof. Szafer był ponadto inspiratorem i gorącym zwolennikiem nawiązania współpracy naukowej i koordynacji badań w parkach narodowych w rejonie Holarktydy. Z tego projektu zrodziła się wówczas myśl zwoływania co pewien czas ogólnoswiatowych konferencji w sprawach parków narodowych. Pierwsza z nich odbyła się w 1962 r. w Seattle (USA), a więc jeszcze za jego życia.

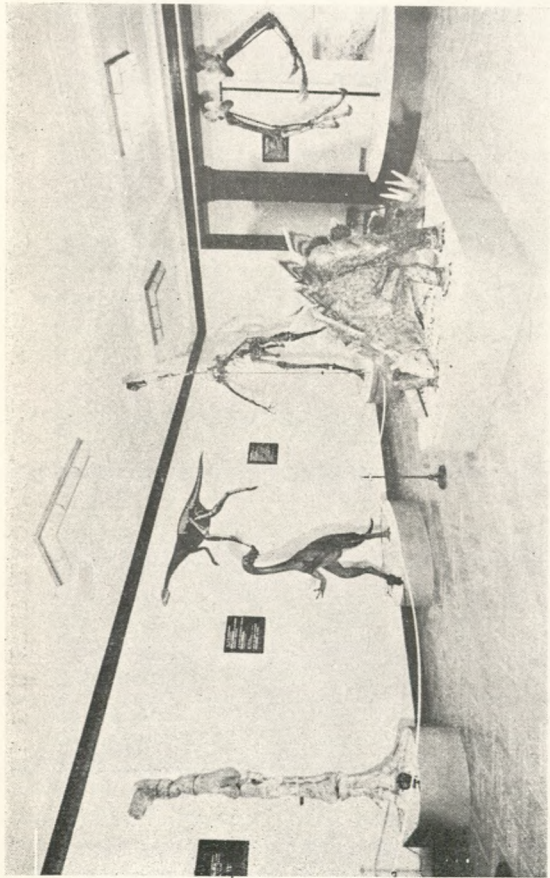
Jeszcze jedną piękną kartą w życiu prof. Władysława Szafera, a dotyczącą czasów szczególnie ciężkich, był okres okupacji niemieckiej. Prof. Szafer nie dał się zwieść zaproszeniem na zebranie zwołane przez hitlerowców w Uniwersytecie Jagiellońskim i dzięki temu nie został wywieziony do obozu koncentracyjnego, jak inni polscy uczeni. Przebywając nadal w Krakowie, prof. Szafer zorganizował zaraz konspiracyjnie niesienie stałej pomocy materialnej pracownikom naukowym miejscowym i przybyłym w tym czasie z innych stron Polski oraz rodzinom tych, którzy zostali zamordowani lub uwięzieni. W latach 1940—1945, jak już wspomniano, pełnił funkcję rektora tajnego Uniwersytetu Jagiellońskiego i w całym tym okresie kierował tajnym nauczaniem młodzieży akademickiej oraz ratowaniem, jak tylko się dało, zbiorów naukowych, które Niemcy celowo niszczyli lub wywozili z Uniwersytetu.

Po przejściu na emeryturę, co prof. Szafer głęboko przeżywał, prowadził on nadal czynne życie. Pracował naukowo, dużo pisał, interesował się postępami prac badawczych i ochroną przyrody, i to nawet wtedy gdy dotknęła go ciężka choroba. Zapytany, czy musi się tak trudzić, odpowiedział: „Muszę! Przecież... mamy obecnie Polskę nie tylko wolną, ale i piękną. I chociaż w obronie tego piękna będziemy musieli jeszcze nieraz staczać walki, niemniej prawdą jest, że każde pokolenie w Polsce rodzi się i umiera w miłości do Ojczyzny, która dla każdego z nas była i będzie najpiękniejsza. Dlatego ja, choć wzięłem już na barki dziewiąty krzyżyk, nie usuwam się z szeregow walczących o prawdę naukową i o utrzymanie piękna przyrody: nigdy nie złożę broni i nigdy nie odłożę pióra”.

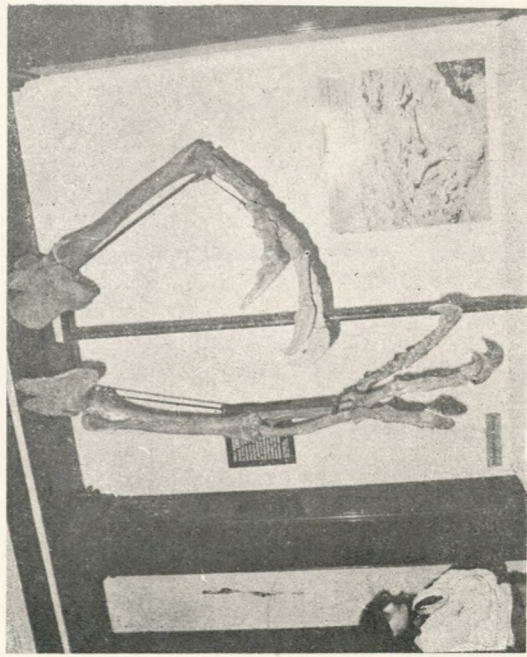
Prof. Władysław Szafer zmarł 16 listopada 1970 r. Na jego pogrzeb przybyły setki ludzi, w tym bardzo wielu jego uczniów, z żalem i smutkiem żegnających wielkiego uczonego i ukochanego nauczyciela, którego ogromny dorobek naukowy, a może przede wszystkim takie cechy, jak patriotyzm, umiłowanie przyrody, bojowość, odwaga cywilna, niezłomny i prawy charakter budziły powszechny szacunek. Jego imię upamiętniono w różny sposób. Między innymi nadano



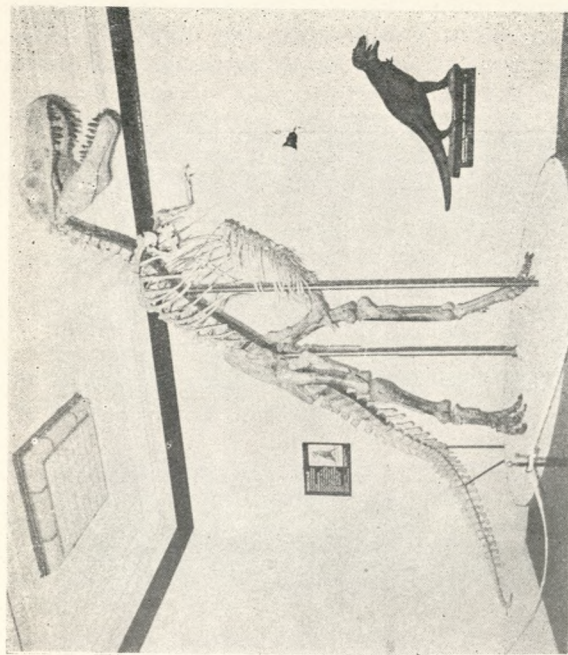
III. DĄB SZYPULKOWY *Quercus robur* L. (*Fagaceae*, *Bukowate*) Okolica Sobótki. Fot. W. Strojny



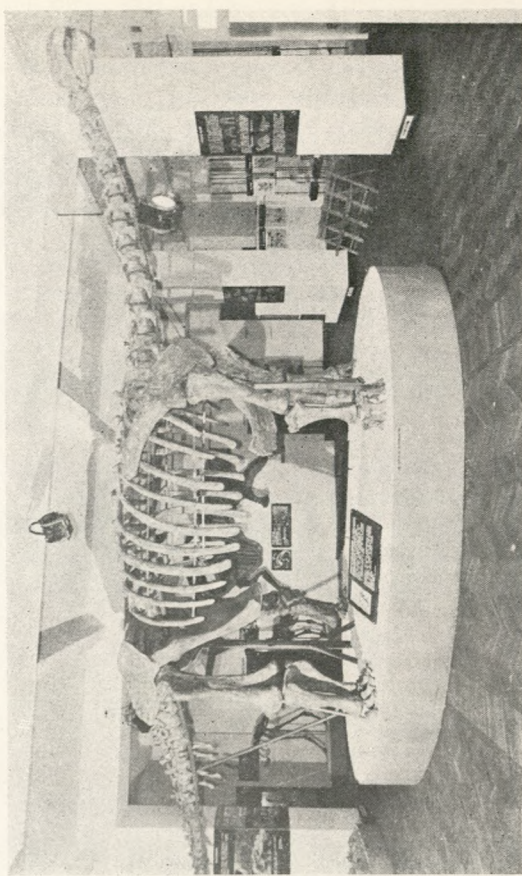
a. Widok ogólny sali z dinosaurami. Fot. W. Siciński



b. Odlew pasa barkowego i kończyn przednich dinosaury drapieżnego *Deincheirus mirificus* z późnej kredy pustyni Gobi. Fot. W. Skarżyński



c. Szkielet dinosaury drapieżnego *Tarbosaurus bataar* z późnej kredy pustyni Gobi. Fot. W. Skarżyński



d. Odlew szkieletu dinosaury roślinożernego, zauropoda, *Opisthocoeleicaudia skarzynskii* z późnej kredy pustyni Gobi. Fot. W. Siciński

je muzeum przyrodniczemu w Ojcowskim Parku Narodowym, Szkole Podstawowej nr 57 przy ul. Cechowej w Krakowie, Państwowemu Technikum Rolniczemu w Głubczycach na Dolnym Śląsku, zespołowi ogródków działkowych w Rzeszowie, rezerwatowi leśnemu w nadleśnictwie Tuszyń na Płaskowyżu Kolbuszowskim, Zbiorczej Szkole Gminnej w Brzozowie, a ostatnio Instytutowi Botaniki PAN. W 1977 r. największy i najbardziej nowoczesny statek motorowy polskiej floty handlowej otrzymał nazwę „Profesor Władysław Szafer”.

W sieni wjazdowej budynku PAN w Krakowie, przy ul. Sławkowskiej 17, wmurowano w 1971 r. tablicę pamiątkową ku czci prof. Szafera. W krakowskim Ogrodzie Botanicznym w szóstą rocznicę jego

śmierci ustawiono pomnik z popiersiem Profesora. O jego zasługach nie zapomniano też za granicą kraju. W 1973 r. np. Światowy Fundusz na Rzecz Dzikich Zwierząt (World Wildlife Fund) umieścił jego nazwisko na pierwszej honorowej liście 16 nieżyjących już osób, które w sposób szczególny przyczyniły się do rozwoju międzynarodowej ochrony przyrody.

Imię prof. Władysława Szafera pozostanie w sercach wielu Polaków, którym drogi jest ojczysty kraj i jego piękno, a przykład działalności tego niezwykłego człowieka, jego postawy życiowej w dobrych i złych chwilach, staną się dla przyszłych pokoleń przyrodników wzorem do naśladowania.

Antonina Leńkowa

ROŚLINY LECZNICZE POLSKICH LASÓW

Dąb szypułkowy *Quercus robur* L.

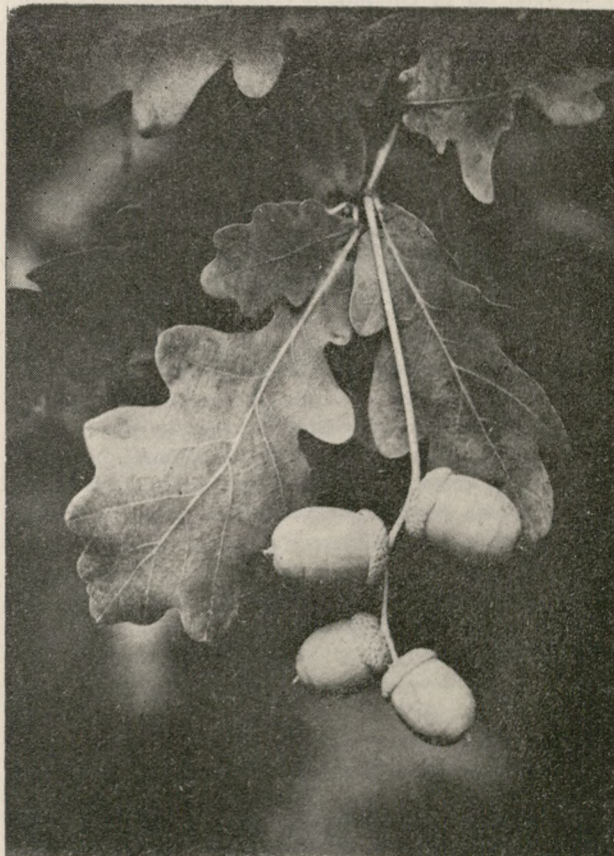
Dąb szypułkowy, jedno z najokazalszych drzew liściastych naszych lasów, wyróżnia się długowiecznością. Dostarcza drewna wysoko cenionego w budownictwie i meblarstwie, a równocześnie jest też rośliną leczniczą. Opiewany często w poezji, dąb od tysięcy lat odgrywał ważną rolę w wierzeniach ludowych różnych narodów. W starożytności szczególnie był ceniony przez Persów oraz Izraelitów. U Rzymian był poświęcony Jowiszowi.

Dąb znany był lekarzom starożytnym. Wybitny lekarz grecki Hipokrates (460—377 p.n.e.), nazywany ojcem medycyny, zalecał sproszkowane żołądźce roztertę z tłuszczem jako środek do użytku zewnętrznego na ropnie i czyraki. Grecki lekarz w służbie rzymskiej Pedanios Dioskurides (I w. n.e.) pisał, że dąb ma własności ściągające i osuszające. Szczególnie skuteczna miała być błoniasta warstwa między korą i drewnem oraz warstwa leżąca pod łupiną żołądździ. Sporządzane z nich odvary podawał chorym na biegunkę, a także plującym krwią. Dobrze roztertę i zarobioną w formie globulek dopochwowych zalecał kobietom cierpiącym na upławy. Odwar z kory dębowej na mleku miał być skuteczny przeciw różnym truciznom.

Lekarze arabscy, jak m. in. Ibn Baitar (XIII w.), powtarzali dane pisarzy starożytnych, nie wnosząc nic nowego. W średniowieczu stosowano często w Europie garbnikowe kąpiele lecznicze z liści i kory dębowej. Były one zalecane również w lecznictwie ludowym w Polsce. Kora i żołądźce dębowe były często używane w lecznictwie okresu Odrodzenia, a także w wiekach następnych.

W XIX i początkach XX stulecia modną była w wielu krajach, a zwłaszcza w Niemczech, kawa z palonych żołądździ dębowych. Piły ją również chętnie młode Turczynki, aby możliwie szybko przybrać na wadze, co w krajach Wschodu uchodziło za cechę urody kobiecej.

Farmakopea Królestwa Polskiego (1817) uwzględniła zarówno korę dębową (*Cortex Quercus*), jak również żołądźce dębowe (*Glandulae Quercus*). Wybitny lekarz krakowski, profesor UJ Ignacy Rafał Czerwi-



Fot. J. Hereźniak

kowski (1808—1882) napisał w swej *Botanice lekarskiej* (1861), że dawniej bardzo często stosowano w lecznictwie korę i żołądźce dębowe, a czasem również liście i miseczki żołądździ dębowych. W połowie XIX wieku zapisywano ubogim chorym korę dębową jako środek ściągający do okładów i kąpiele wzmacniających. Kawę z prażonych żołądździ zalecano wątłym i wychudzonym dzieciom oraz chorym na krzywicę.

Farmakopea Polska wydanie II (1937) uwzględniła tylko korę dębową. Podobnie *Farmakopea Polska* wydanie III (1954) i wydanie IV (1970).

Dąb należy do rodziny Bukowatych *Fagaceae*, obejmującej 7 rodzajów i ponad 600 gatunków drzew

lub krzewów rozpowszechnionych w strefie umiarkowanej, a w Afryce tylko na północ od Sahary. Bukowate mają liście skrętoległe, często skórzaste, kwiaty rozdzielnopłciowe. Owocem są orzechy pojedyncze lub po kilka w miseczce. Nasiona bezbielmowe.

We florze polskiej reprezentowane są tylko 2 rodzaje *Fagus L.* z 1 gatunkiem: buk zwyczajny *Fagus sylvatica L.* (*Fagus sylvatica L.*) oraz dąb *Quercus L.* z trzema gatunkami: dąb szypułkowy *Quercus robur L.* (*Quercus pedunculata Ehrh.*), dąb bezszypułkowy *Quercus sessilis Ehrh.* i dąb omszony *Quercus pubescens Willd.* W parkach i czasem w lasach bywa uprawiany dąb czerwony *Quercus rubra L.*, pochodzenia amerykańskiego. Ponadto w arboretach polskich rosną inne dęby obcego pochodzenia oraz kasztan jadalny *Castanea sativa Mill.*

Bukowate zawierają jako związki czynne garbniki oraz flawonoidy.

Dąb szypułkowy występuje w lasach niemal całej Europy. W Polsce rośnie dość często na terenach nizinnych i w dolnych położeniach górskich do wysokości 700 m. Dąb ten ma liście odwrotnie jajowate w zarysie, do 14 cm długie i do 8 cm szerokie, skórzaste, nierówno zatokowowrębne. Kwiaty rozdzielnopłciowe. Żeńskie na szypułkach do 8 cm długich. Owocem jest jajowaty orzech osadzony w pokrytej łuskami miseczce, nazywany potocznie żółędziem.

Do celów leczniczych zbiera się wiosną korę z młodych pni i gałęzi drzew wycinanych podczas przerzedzania lasów lub ze specjalnych plantacji i suszy w warunkach naturalnych w miejscach przewiewnych lub w suszarni ogrzewanej. Można również suszyć na słońcu. Surowcem jest kora dębu *Cortex Quercus*. Na stronie zewnętrznej kora powyższa powinna być gładka i lśniąca, nie splekana ani chropowata, gdyż wówczas zawiera mniej garbników. Równowartościowego surowca dostarcza dąb bezszypułkowy *Quercus sessilis Ehrhart*.

Z dębu galasowego *Quercus infectoria Olivier*, drzewa lub krzewu występującego w Turcji i Syrii otrzymuje się dębianki *Gallae*, zwane też galasami. Są one patologicznymi naroślami po złożeniu jajeczka na młodych pędach tej rośliny przez samicę owada galasownika. Podobne galasy spotyka się na dębach w Polsce, ale zawierają one znacznie mniej garbników.

W korze dębowej znaleziono do 16% garbników pochodnych pirokatechiny i pirogalolu, kwasy fenolowe, jak galusowy i elagowy, flawonoidy (np. kwercetyne), trójterpeny (jak frydelanol i frydelanon), flobafeny i inne związki. Natomiast dębianki zawierają do 70% garbników hydrolizujących, tworzących kompleks taniny, około 3% kwasu galusowego, do 2% kwasu elagowego oraz inne związki.

Garbniki zawarte w wyciągach z kory dębowej tworzą z białkami trwałe połączenia nierozpuszczalne w wodzie. Przyjęte doustnie łączą się z białkowymi składnikami nabłonka jelitowego i powodują jego kurczenie się, co nazywane jest działaniem ściągającym. Przy bieguncie przeciwdziałają rozrzedzeniu mas kałowych, nadmiernemu ubytkowi soli mineralnych i odwodnieniu organizmu. Natomiast przy prawidłowej czynności przewodu pokarmowego garbniki wywołują zaparcia.

Garbniki katechinowe i sama katechina wywierają korzystny wpływ na ściany włosowatych naczyń krwionośnych przewodu pokarmowego. Polega on na

zmniejszeniu przepuszczalności ścian, osłabieniu przenikania osocza poza łożysko naczyń i hamowaniu mikrokrewawień, podobnie jak po przyjęciu związków z grupy witaminy P, np. rutyny.

Garbniki ścinają również białko komórek drobnoustrojów, dzięki czemu działają bakteriobójczo lub hamują rozwój mikroorganizmów chorobotwórczych i unieczynnają toksyny bakteryjne. Ponadto tworzą nierozpuszczalne osady z alkaloidami oraz solami metali ciężkich, co czasem wykorzystuje się w zatruciach tymi związkami

Należy jednak pamiętać, że długotrwałe przyjmowanie doustne wyciągów roślinnych obfitujących w garbniki, m. in. również picie zbyt mocnej herbaty jest niekorzystne, a często nawet szkodliwe. Związki te bowiem unieczynnają witaminę B₁ oraz wiążą sole żelaza, magnezu, wapnia, manganu, miedzi, kobaltu, cynku, seleniu i inne, hamując lub uniemożliwiając ich przyswajanie. Ponadto przez bezpośrednie działanie na błonę śluzową jelit garbniki zmniejszają resorpcję składników pokarmowych.

Wyciągi z samej kory dębowej bardzo rzadko stosuje się doustnie w nieswoistych biegunkach, zatruciach pokarmowych i czasem w podostrych i przewlekłych nieżytach żołądka i jelit. Natomiast częściej podaje się korę dębu w połączeniu z innymi surowcami zielarskimi o podobnym lub uzupełniającym się działaniu.

Najczęściej stosuje się wyciągi z kory dębowej zewnątrznie w postaci okładów, płukań lub przemywań, zwłaszcza w zapaleniu jamy ustnej i gardła, w niezbyt rozległych oparzeniach I i II stopnia, odmrozinach, owrzodzeniach żylakowych, zapaleniu skóry, żylakach odbytu, egzemie, a nawet na małe rany i drobne krwawienia. Ponadto w formie irygacji w upławach oraz do obmywań w zapaleniu i świądzie sromu, do nasiadówek przy świądzie i pęknięciu odbytu, do lewatyw przy wrzodziejącym zapaleniu odbytnicy oraz do kąpieli lub półkąpieli w nadmiernym poceniu się i niektórych chorobach skórnych. Kora dębową jest składnikiem mieszanki ziołowej Vagosan (Herbapol), stosowanej do irygacji w stanach zapalnych pochwy i innych chorobach kobiecych. Natomiast wyciąg płynny z kory dębu wchodzi w skład aerozolu Hemostin (Herbapol) podawanego na drobne zranienia, zadrapania i otarcia naskórka. Ponadto jest składnikiem aerozolu Sanofil (Herbapol) stosowanego w leczeniu pokrzywki, wyprysku alergicznego i kontaktowego zapalenia skóry.

Tanina otrzymywana z dębianek tureckich nie jest sama stosowana wewnętrznie, gdyż drażni przewod pokarmowy i uszkadza wątrobę. Natomiast jej połączenie z białkiem (białczan taniny, tanalbina) działa łagodniej. Jest podawana doustnie w bieguncie, nieżycie żołądka, zatruciach pokarmowych, a nawet w drobnych krwawieniach z przewodu pokarmowego. Roztwory taniny podaje się zewnątrznie w tych samych przypadkach jak wyciągi z kory dębowej. Nalewkę z dębianek Tinctura Gallae (Herbapol) stosuje się zewnątrznie do pędzlowania dziąseł, na drobne skaleczenia i oparzenia, a po rozcieńczeniu wodą do płukania jamy ustnej i gardła w anginie.

Odwar z kory dębowej: łyżkę rozdrobnionej kory zalać szklanką zimnej wody, ogrzać do wrzenia i gotować łagodnie pod przykryciem 5 minut. Odstawić na 15 minut i przecedzić. Stosować zewnątrznie do płukań w stanach zapalnych oraz płytłych owrzodze-

niach jamy ustnej, dziąseł i gardła, bądź w postaci okładów i przemywań na skórę zmienioną zapalnie z sączeniem i maceracją naskórka. Również w oparzeniach I i II stopnia obejmujących niewielkie powierzchnie skóry. Po rozcieńczeniu 1:1 wodą o temperaturze 37°C można stosować powyższy odwar do irygacji w upławach oraz w stanach zapalnych pochwy i macicy.

Kąpiel z kory dębowej: wsypać 3—5 łyżek rozdrobnionej kory do 2 l zimnej wody. Ogrzać do wrzenia i gotować łagodnie pod przykryciem 5—10 minut. Odstawić na 15 minut i przecedzić do wanny wypeł-

nionej do 1/3 wodą o temperaturze 37°C. Czas kąpeli 10—15 minut. Stosować w stanach zapalnych skóry na tle bakteryjnym lub grzybiczym. Ten sam odwar po rozcieńczeniu 4 litrami wody można stosować do kąpeli nóg w nadmiernej potliwości lub do nasiadówek w kłykcinach i żylakach odbytu.

Płyn przeciw odmrożeniom: rozpuścić 0,5 g taniny w 50 g spirytusu kamforowego. Stosować do smarowania zacerwienionych, odmrożonych części ciała. Pożądane jest nagrzewanie lub naświetlanie lampą kwarcową miejsc odmrożonych.

W. Jaroniewski

DROBIAZGI PRZYRODNICZE

Dalsza kariera klonidyny

Mniej więcej trzy lata temu ukazał się we *Wszechświecie* (1983, 84: 221) artykuł o rozlicznych zastosowaniach klonidyny: leku przeciw nadciśnieniu wykazującym również silne działanie psychotropowe, wykorzystywane zwłaszcza w hamowaniu objawów abstynencji morfinowej. Trzy lata temu klonidyna zaskoczyła świat medyczny swymi własnościami, sugerującymi, że będzie lekiem skutecznym w zwalczaniu paraliżu wywołanego uszkodzeniami kręgosłupa. Choć ta sprawa, jak się zdaje, ucichła, ostatnio doniesiono o innych, również interesujących właściwościach klonidyny: badania przeprowadzane na starzejących się małpach sugerują, że klonidyna może być lekiem przeciwdziałającym starczemu osłabieniu pamięci.

Dotychczas przypuszczano, że najważniejszym neuromediatorem odgrywającym rolę w procesach pamięci jest acetylocholina, chociaż nie można oczywiście pomijać znaczenia różnych neuropeptydów, o których w tym i poprzednim numerze *Wszechświata* pisał de Wied. Znacznie mniej mówiono natomiast o możliwej roli noradrenaliny, chociaż wiadomo było, że spowodowanie niedoboru tego neuromediatora w mózgu utrudnia uczenie się zwierząt. Ostatnio jednak zwrócono uwagę na to, że zawartość noradrenaliny obniża się w późnym wieku u gryzoni, małp i ludzi, oraz że spadek ten jest szczególnie silny u pacjentów z chorobą Alzheimera, która cechuje się m. in. bardzo silnym defektem pamięci. Jeżeli osłabienie funkcji poznawczych następujące z wiekiem byłoby związane ze spadkiem zawartości noradrenaliny w mózgu, wówczas nasilenie neuroprzebieżności w neuronach noradrenalinowych powinno sprzyjać poprawie pamięci, uczenia się itp. u osobników starych. Takie nasilenie neuroprzebieżności można osiągnąć, stosując leki pobudzające receptory, a klonidyna jest właśnie lekiem pobudzającym pewną podgrupę receptorów reagujących na noradrenalinę, receptory α_2 -adrenergiczne. Dwie badaczki z Uniwersytetu Medycznego Yale, Amy F. T. Arnsten i Patrycja S. Goldman-Rakic, postanowiły więc przeprowadzić badania na starych małpach. Badania prowadzono na 5 samicach makaków w wieku 17—30 lat, a zwierzęta uczono wykonywać ćwiczenie, w którym odpowiedź musiała być opóźniona w stosunku do bodźca. W danym przypadku test polegał na tym, że małpa mogła zobaczyć, do którego

z dwóch identycznych pojemników wkładano pokarm, a następnie oba pojemniki zasłaniano na okres kilku do kilkunastu sekund. Po usunięciu przesłony małpy miały wybrać pojemnik z pokarmem. Im dłuższy okres zasłonięcia, tym gorsze efekty osiągały małpy, zwłaszcza najstarsza. Wiadomo też, że ogólnie u osobników starych wykonywanie zadań z opóźnieniem jest znacznie gorsze niż u młodych.

Okazało się, że nawet niskie dawki klonidyny wybitnie poprawiły wykonywanie zadania, zwłaszcza u małpy najstarszej. Cztery z pięciu małp po podaniu leku wykonywały zadanie prawie bezbłędnie.

Klonidyna powoduje uspokojenie zwierząt i zmniejszenie ich ruchliwości, a efekt ten może niekorzystnie odbijać się na wynikach testu i maskować korzystny efekt leku. Okazało się jednak, że zwierzęta wytwarzały szybko tolerancję na to uspokajające (w żargonie psychofarmakologów: sedatywne) działanie klonidyny. Jest to istotne spostrzeżenie, ponieważ w badaniach na człowieku (które niewątpliwie nastąpi) bardzo często występuje tendencja do badania jednorazowego.

Dalsze badania na małpach wykazały, że działanie klonidyny jest rzeczywiście wynikiem jej pobudzającego wpływu na receptor α_2 -adrenergiczny oraz że jest swoiste: w innych typach testów na uczenie się (test dyskryminacji wzrokowej) ani klonidyna nie poprawiała wyników, ani jej antagonistą johimbina, wyników nie pogarszała. Dalsze badania potwierdzają przypuszczenie, że klonidyna może mieć bezpośrednio działanie na pewne funkcje poznawcze, a zwłaszcza funkcje pamięciowe związane z odpowiedziami opóźnionymi.

Wyniki badań Arnsten i Goldman-Rakic są godne uwagi przede wszystkim dlatego, że niewiele znamy leków i substancji chemicznych wykazujących korzystne efekty u starych ludzi i starych małp. Istnieją doniesienia, że klonidyna wywiera korzystne działanie w psychozie Korsakowa, schorzeniu związanym z wiekiem i charakteryzującym się utratą pamięci. Teraz rodzi się nadzieja, że klonidyna lub leki jej podobne będą wywierać korzystny wpływ również w chorobie Alzheimera, coraz częstszemu groźnemu schorzeniu występującemu po 60 roku życia (p. *Wszechświat* 1984, 85: 91).

Szczury jako nosiciele zagłady

Nasze ekologicznie nieczyste sumienie mówi nam, że człowiek jest główną przyczyną katastrof ekologicznych. Zazwyczaj jest to prawda, chociaż czasem rola człowieka bywa pośrednia i przypadkowa.

Bezpośrednimi sprawcami ginięcia licznych gatunków zwierzęcych na wyspach są zawleczone przez człowieka szczury. One to odpowiadają w głównej mierze za spustoszenia wyspiarskiej awifauny. Szczury powodują też zagładę olbrzymich żółwi na Galapagos, atakując i zabijając młode żółwie, niszczą drobne ssaki, wielkie owady i mięczaki (np. niektóre ślimaki na Hawajach) oraz gady i płazy (większość węży i jaszczurek na Mauritiusie; żaby, węże i tutuary na Nowej Zelandii).

Wpływ szczurów na faunę wysp nie jest jednak tak prosty, jakby się wydawało. Na jednej wyspie szczury powodują straszliwe spustoszenia, na innych ich obecność nie sprowadza wielkich zmian. Przyczyny różnić w reakcji na inwazję szczurów badał Ian Atkinson z Nowozelandzkiego Wydziału Badań Naukowych i Przemysłowych, dochodząc do bardzo interesujących wyników.

Trzy gatunki szczurów odegrały istotną rolę w podboju wysp: szczur polinezyjski *Rattus exulans*, pochodzący z podzwrotnikowej Azji południowo-wschodniej, szczur czarny albo okrętowy (w polskiej nomenklaturze szczur śniady) *Rattus rattus*, przybywający z Indii i Azji południowo-wschodniej, oraz brązowy szczur wędrowny *Rattus norvegicus*, wywodzący się z Syberii i Chin. Pierwsza inwazja szczurów na wyspy Pacyfiku i ich ekspansja w okresie 3500—1000 lat temu to inwazja szczura polinezyjskiego, zawleczonego na łodziach tubylców. Wiek XVI i XVII był okresem ekspansji szczura śniadego (osóbki tego gatunku na wyspach mają barwę czarną), dobrze wówczas zadomowionego w Europie. Z początkiem wieku XVIII (ok. 1716 r.) w Europie zaczął przeważać szczur wędrowny, i on to głównie podróżował okrętami na wyspy wszystkich mórz i oceanów. Z niewiadomych przyczyn po roku 1850 szczur śniady znów zaczął dominować jako szczur okrętowy. Rozprzestrzenianie się tego gatunku na wyspach od 1850 r. do chwili obecnej następowało w mniej więcej stałym tempie, ze szczytem w okresie II wojny światowej i bezpośrednio po niej, kiedy na wielu wyspach powstawały obiekty wojskowe. Każdy z tych trzech gatunków szczurów nieco różnił się od pozostałych i wywierał inny wpływ na życie kolonizowanych wysp.

Szczur polinezyjski wspina się na drzewa, ale jest mniejszy od pozostałych i — jak wynika z badań — atakuje mniejszą liczbę gatunków ptaków. Nie wiemy jednak, jaką ponosi odpowiedzialność za wyginiecie licznych gatunków przed rokiem 1000. Do dziś dnia jest on czynnikiem ograniczającym rozprzestrzenianie się wielu gatunków kręgowców zmiennocieplnych i bezkręgowców. Szczur wędrowny, największy, wspina się po drzewach rzadko i jest odpowiedzialny przede wszystkim za wyniszczenie ptaków gnieźdzących się na ziemi lub w norach, zwłaszcza ptaków morskich. Szczur śniady jest średnich rozmiarów, ale bardzo dobrze wspina się po drzewach i stanowi zagrożenie dla wszystkich ptaków, od ziemi po korony drzew.

Poza rolę drapieżników szczury mogą też wpływać

na faunę wysp, występując w roli ofiar. Stanowią one pokarm zdziczałych kotów, łasic i ichneumonów, które bez szczurów mogłyby wyginać, bądź znacznie bardziej niż obecnie niszczyć rdzenną faunę wysp.

Znamy kilka przypadków, w których inwazja szczurów na wolną od nich wyspę doprowadziła w krótkim czasie do katastrofy biologicznej. Tak np. szczur śniady w trzy lata po pojawieniu się na Big South Cape Island (u wybrzeży Nowej Zelandii) w 1962 r. wyniszczył lub drastycznie zmniejszył populację 40% gatunków ptaków lądowych zamieszkujących wyspę i całkowicie wytępił populację południowego krótko-ogoniastego nietoperza. Podobną katastrofę spowodował szczur śniady w 1918 r. na Lord Howe Island, w 1943 r. na wyspie Midway, i — najprawdopodobniej — pod koniec ubiegłego wieku na Hawajach. Z drugiej strony wiele wysp, na których od dawna żył szczur polinezyjski, przetrwało inwazję szczura śniadego (a czasem wędrownego) bez wyginienia ptaków. Tak np. działo się na wyspach Galapagos, Wyspach Bożego Narodzenia (Ocean Indyjski), Indiach Zachodnich, Andamanie, Nikobarze, Nowej Gwinei i Wyspach Salomona.

Obserwacje te sugerują, że ptaki koewoluujące ze szczurami, które wrosły już w faunę wyspy, wytworzyły zachowania obronne, chroniące je przed napastnikiem. Nie może to być jednak jedyny, ani nawet główny powód, dla którego fauna różnych wysp różni się wrażliwością na atak szczurów. Wiele początkowo wolnych od szczurów wysp tropikalnych, jak np. Fidzi, Samoa, Tonga, Markizy, Aldabra itp., przeżyły kolonizację przez szczury bez kataklizmu. Atkinson sądzi, że stało się to dzięki krabom.

Lądowe kraby, licznie występujące na wyspach tropikalnych, pełnią nie tylko rolę padlinożerców i roślinożerców, ale żywią się także jajami ptaków i pisklętami. Co więcej, niektóre gatunki, jak np. wielki krab kokosowy *Birgus latro* i niektóre kraby pustelniki wspinają się po drzewach. Stanowią więc one bezkręgowy odpowiednik szczurów i koewolucja ptaków z krabami lądowymi może doprowadzić do wytworzenia mechanizmów obronnych, skutecznych także przeciw szczurom.

Badania Atkinsona doprowadziły do postawienia nowych pytań, czekających na odpowiedź. Dlaczego szczur śniady częściowo wyparł większego szczura wędrownego na statkach po 1850 r.? Czy uda się archeologom ustalić fale wygasania gatunków, które można by przypisać przybyciu szczura polinezyjskiego z pierwszymi Polinezyjczykami? Na czym konkretnie polega zachowanie obronne u ptaków koewoluujących ze szczurami? z krabami?

Najważniejszy obecnie jest jednak problem praktyczny. Takie wyspy jak np. Gough, Inaccessible, Nightingale, Clipperton, Snares, Laysan i niektóre wyspy archipelagu Galapagos są wciąż wolne od szczurów. Na innych, jak np. Rennell, Bellona, Rose, Henderson i Little Barrier, żyje tylko szczur polinezyjski, a brak znacznie groźniejszych szczurów śniadych i wędrownych. Na wyspach tych żyją gatunki endemiczne i reliktowe, które koniecznie należy uchronić przed wygaśnięciem, jakie zagrażałoby w wypadku szczurzej inwazji. Zapobieżenie jej wydaje się możliwe i należy dołożyć wszelkich wysiłków, aby do niej nie doszło.

Szyszynka a aktywność mózgu

W ostatnich latach ukazało się szereg publikacji dotyczących działania i roli szyszynki (p. m. in. Wszechświat 1985, 83: 183). Ten niewielki narząd wciśnięty jest między półkule mózgowe a mózdzek, stanowiąc prawdopodobnie pozostałość ewolucyjną drugiej pary oczu nieznanego przodka kręgowców. U niższych kręgowców szyszynka reaguje jeszcze na światło, u wyższych natomiast, działanie to zanikło, a szyszynka znalazła się głęboko pod czaszką stanowiąc jedynie organ wydzielniczy.

Wpływ szyszynki na regulację rytmiki dobowej organizmu jest już powszechnie uznany, podobnie jak i jej wpływ na rozwój gonad oraz na aktywność innych gruczołów wydzielania dokrewnego, a także na pigmentację skóry. Badania ostatnich lat dostarczyły danych o wpływie szyszynki także i na mózg ssaków. Pierwsze sygnały takiej roli szyszynki pojawiły się w wyniku wykonanych w latach siedemdziesiątych doświadczeń na zwierzętach z usuniętą operacyjnie szyszynką. Tak zoperowane szczury były wprawdzie bardziej aktywne ruchowo, a po pewnym czasie rozwijały się u nich pierwsze oznaki aktywności napadowej mózgu, w postaci drgawek klonicznych kończyn, przechodzących następnie w toniczny skurcz mięśni szkieletowych. Objawy takie stanowią kolejne stadia rozwoju padaczki doświadczalnej u zwierząt. Badania EEG królików z usuniętą szyszynką wykazały u nich padaczkopodobną aktywność elektryczną w formacji hipokampa, co potwierdziło wykonane wcześniej badanie nad zachowaniem szczurów.

Inne badania obejmowały już wpływ melatoniny, głównego hormonu szyszynki, na aktywność samego mózgu. Do badań wybrano formację hipokampa, gdyż, jak wykazały testy immunohistochemiczne, zawiera ona endogenną melatoninę. Doświadczenia nad działaniem melatoniny wykonano na izolowanych skrawkach hipokampa świnki morskiej, przy użyciu techniki rejestracji mikroelektrodowej. Hipokamp jest dobrym modelem do takich badań, gdyż parametry elektryczne jego neuronów zostały już dobrze określone. Melatonina dodana w niewielkiej ilości do płynu Ringera, w którym znajdowały się fragmenty hipokampa, powodowała wyraźne nasilenie postsynaptycznej odpowiedzi hamującej (IPSP), podnosiła także próg wyzwalania potencjałów czynnościowych, wywoływanych drażnieniem elektrycznym, i blokowała mechanizm generowania potencjałów czynnościowych; po wywołaniu pierwszego impulsu następowała inaktywacja mechanizmu generowania potencjałów czynnościowych, co utrudniało wywołanie potencjału po raz drugi w krótkim odstępie czasu. Autorzy tych doświadczeń uważają, że zmiany takie są odbiciem obniżenia pobudliwości neuronów pod wpływem melatoniny. Uzyskane wyniki podsunęły im pomysł sprawdzenia czy melatonina może mieć działanie przeciwnapadowe. W tym celu do kąpiel, w której znajdowały się skrawki hipokampa, dodano bikukulinę, substancję o silnym działaniu napadowym. Melatonina znosiła wyładowania napadowe wywołane przez bikukulinę, wykazuje więc ona działanie przeciwnapadowe, stanowiąc obok kwasu gamma-aminomasłowego drugi wewnątrzmożgowy układ hamujący. Brak jest jednak dowodów, aby traktować melatoninę jako jeden z neuromediatorów. Semm proponuje więc umieszczenie jej na liście neuromodulatorów, sub-

stancji znajdujących się w mózgu, a charakteryzujących się stosunkowo długim i rozległym działaniem.

Opisane badania wykazują, że szyszynka obniżając próg pobudliwości neuronów jest ważnym narządem umożliwiającym utrzymanie mózgowej homeostazy — równowagi między stanami pobudzenia a hamowania, tworzy więc naturalną ochronę mózgu przed nadmiernym pobudzeniem, pojawiającym się wnet po jej usunięciu.

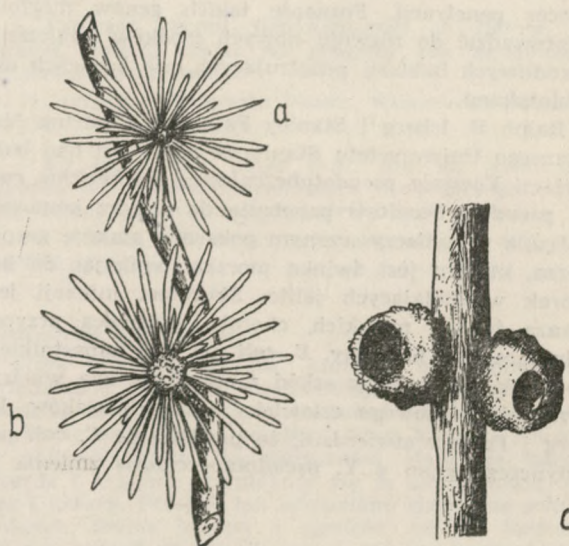
J. Comp. Physiol. A, 1985, 157:23
J. Neurosci. Res. 1985, 14:279

A. Śmiałowski

Kosmaczka modrzewiowa — szkodnik krótkopędów modrzewia

Na modrzewiach często można zauważyć obumarłe gałęzie. Najczęściej sprawcą tych uszkodzeń jest kosmaczka modrzewiowa, *Dasyneura laricis*. Muchówka ta, z rodziny pryszczarkowatych *Cecidomyiidae* występuje w wielu krajach Europy i Azji. W Anglii znana jest pod nazwą „Larch-Bud-Midge”, w Czechosłowacji — „Bejłomorka modřinová”, w NRD i NRF — „Larchenknospengallmücke”, natomiast w Związku Radzieckim jako „Listveničnaja gallica”.

Muchówka barwy brunatnawej z czerwonym odwłokiem dochodzi do 3 mm długości, a wyglądem swym przypomina małego komara. Owady pojawiają się w ciągu kwietnia i maja. Samice przy pomocy długiego pokładelka składają jaja pod łuski rozwijającego się krótkopędu i nasady szpilek; rzadziej jaja są składane na pączki kwiatowe. Po upływie około tygodnia wylęgają się larwy, które wgrzają się do wnętrza pączka. Nąbrzmiewa on wtedy, oblewa się żywicą i wypuszcza niewiele igieł, ułożonych gwiazdźdzo. Wiosną następnego roku pączek zwykle zamiera. Wewnątrz pączka tworzy się wyrost 3—4 mm wysokości i około 4 mm szerokości. W środku wyrosła żyje pomarańczowa larwa. Długość wyrosniętej larwy dochodzi do 4 mm. W jesieni larwa wytwarza



Kosmaczka modrzewiowa *Dasyneura laricis*: a — zdrowy krótkopęd modrzewia, b — krótkopęd zasiedlony przez larwę szkodnika (wg Nitschego, z Eschericha 1942) c, — pęd z dwoma pączkami zniekształconymi przez wymienionego szkodnika, z widocznymi komorami larw (wg Hess-Becka, z Kapuścińskiego 1972).

biały, owalny kokon, około 2,5 mm długości, w którym zimuje. Przepoczwarczenie następuje na wiosnę. Stadium poczwarki w zależności od temperatury otoczenia trwa 8—14 dni, po czym następuje wylot postaci doskonałych.

Szkody powodowane przez kosmaczkę modrzewiową są znaczne. Przy większym nasileniu występowania szkodnika obumierają całe gałęzie modrzewi, w następstwie czego korony ulegają deformacji. Szkody są tym większe, że omawiany pryszczarek atakuje modrzewie tak młodszych jak i starszych klas wieku, zarówno na obrzeżach, jak i we wnętrzu drzewostanu. Według Skuhrajevej i Skuhrajevo w Czechosłowacji miejscami ulega zniszczeniu ponad 50% pączków, natomiast Kołomic podaje z Syberii przypadki uszkodzeń aż 98% pączków modrzewi. W Polsce prof. Nunberg stwierdził, że kosmaczka modrzewiowa nie atakuje modrzewia polskiego *Larix polonica*. Interesujące są wyniki badań przeprowadzonych przez Króla i autorkę na plantacji modrzewi różnych pochodzeń i gatunków (*Larix decidua*, *L. sukaczewii*, *L. leptolepis* i *L. eurolepis*), założonej przez prof. E. Chodzieckiego w Kolanowie koło Bochni w 1949 r. Badania wykazały, że najbardziej podatny na atak tego szkodnika był modrzew europejski *L. decidua*, pochodzący z górnoregłowego piętra Alp. Stosunkowo „odporny” był modrzew japoński *Larix leptolepis*.

Metoda zwalczania kosmaczki modrzewiowej nie została dotychczas należycie opracowana. Duże nadzieje wiąże się z zastosowaniem środków systemicznych.

M. Skrzypczyńska

Gen penetracji bakterii do komórki

Niektóre bakterie, a wśród nich odpowiedzialne za dur brzuszny i gruźlicę, penetrują do wnętrza komórek i tam żyją, podczas gdy innym bakteriom chorobotwórczym wystarcza życie poza komórką. Obecnie dwóch badaczy wyizolowało gen odpowiedzialny za proces penetracji. Poznanie takich genów mogłoby doprowadzić do rozwoju nowych środków zwalczania szkodliwych bakterii penetrujących, nie będących antybiotykami.

Ralph R. Isberg i Stanley Falkow z Centrum Medycznego Uniwersytetu Stanforda pracowali nad bakteriami *Yersinia pseudotuberculosis* i *Escherichia coli*, *Y. pseudotuberculosis* penetruje do wnętrza komórek: pobrana w zanieczyszczonym pokarmie atakuje gospodarza, którym jest świnka morska, wnikając do komórek wyścielających jelito. Skutkiem infekcji jest zaraza świnek morskich, choroba zwierzęca przypominająca dur brzuszny. *E. coli* nie jest napastnikiem komórek. Nie czyniąc szkód zamieszkuje ona wnętrze przewodu jelitowego człowieka i innych ssaków. Isberg i Falkow stwierdzili, że przekazanie *E. coli* pojedynczego genu z *Y. pseudotuberculosis* zmienia tę

pierwszą w napastnika, wnikającego do komórek (choć nie wywołującego choroby).

Isberg i Falkow dochodzą do wniosku, że pewien ściśle określony obszar materiału genetycznego *Y. pseudotuberculosis* musi być odpowiedzialny za zdolność bakterii do penetracji do wnętrza komórki. Aby znaleźć ten obszar najpierw podzielili oni DNA *Y. pseudotuberculosis* na krótkie fragmenty. Zostały one umieszczone w fagu lambda, wirusie, który zaraża bakterie, a następnie rozdzielili całą genetyczną „bibliotekę” *Y. pseudotuberculosis* przekazując ją różnym komórkom *E. coli*.

Tak potraktowanymi osobnikami *E. coli* zadziałano na monowarstwę złożoną z ok. 10 milionów komórek HEp-2, laboratoryjnej linii komórek wywodzących się z tkanki rakowej płuc ludzkich. Po trzech godzinach monowarstwę wielokrotnie przemyto, tak że jedynymi osobnikami *E. coli*, które mogły pozostać były te, którym jakoś udało się połączyć z komórkami monowarstwy. Niektóre bakterie mogły się dostać do wnętrza komórek. Te komórki bakteryjne, które przeżyły przemywanie były klonowane (tzn. pozwalano im wytwarzać kolonie identycznych potomków), a klonom dawano ponowną szansę penetracji do wnętrza komórek HEp-2. Następnie komórki HEp-2 były kąpane w gentamycynie, antybiotyku, który nie może przenikać przez błonę komórkową. Te bakterie, które przeżyły tę całą procedurę, musiały znajdować się wewnątrz komórek. Ocalało 12 takich klonów. Komórki nowotworowe, w których znajdowały się bakterie, zostały zbadane pod mikroskopem elektronowym aby bezpośrednio dowiedzieć, że faktycznie zawierały osobniki *E. coli*.

Materiał genetyczny z *Y. pseudotuberculosis*, który nadaje zdolność do penetracji, okazuje się nicią DNA nie dłuższą niż 3200 zasad; Isberg i Falkow nazywają go locus *inv* (*invasive*). Faktycznie jest to pojedynczy gen, który określa strukturę dużego pojedynczego białka o masie cząsteczkowej 108 000. Genetyczna podstawa zdolności do penetrowania do komórek jest, przynajmniej w przypadku *Y. pseudotuberculosis*, zaskakująco prosta.

Isberg i Falkow stwierdzają, że ich praca „może być pierwszym krokiem w kierunku określenia wcześniej nieznannej klasy białek, kodowanych jako część strategii patogenetycznej przez wiele wnikających do komórek mikroorganizmów chorobotwórczych”.

Ciągle nie wiemy co robi białko, by umożliwić bakterii inwazję do komórki. Gdy to poznamy będą mogły powstać metody zapobiegania takiej inwazji, a zatem uniemożliwiające infekcje powodowane przez te bakterie, które sprawiają szkody penetrując do wnętrza komórek. Z drugiej strony można wyobrazić sobie nieszkodliwe bakterie przekształcone w żywe promy przenoszące białka lub DNA do komórek zwierzęcych w celach badawczych i, być może, terapeutycznych.

Scientific American, 1986, 254, (1):54.

M. G. V.

WSZECHŚWIAT PRZED 100 LATY

Ambicja u zwierząt

Śród najwidoczniejszych czynności intelektualnych, jakie objawiają zwierzęta miernie nawet obdarzone, przynajmniej należy miejsce wybitne czynnościom, które zdradzają wyobrażenie umysłowe o wpływie, jakie pewne działania wywierają mogą na inne istoty żyjące. Mówię to o udawaniu, o próżności, o obawie śmieszności.

Nie będziemy się zatrzymywali nad próżnością; objawy ich u zwierząt są zbyt powszechnie znane. Obawa śmieszności jest rzadsza, dlatego może, że wiele zwierząt nie rozumie naszego śmiechu; przytoczono wszakże niektóre jej przykłady.

Pan Romanes zaobserwował uczucie podobne u psa. Zwierzę to lubiło chwycić muchy na szybie i okazywało się bardzo strapieniem, gdy zamach chybiał a pan szydził z niego. Pewnego razu, gdy pies chybił kilkakrotnie, przesładowany zawsze tym śmiechem szyderczym, udał nakoniec, że mu się powiodło i że zgniół ofiarę na ziemi. P. Romanes schylił się i okazał mu, że zadawał sobie pracę bezużyteczną, nic bowiem nie złowił; pies schwytyany na gorącym uczynku oszustwa, odszedł zawstydzony i ukrył się pod sprzętami.

H. Fol. Instynkt i inteligencja. Przekład T. R. Wszechświat 1886, 5:423 (5 VII).

Fizjologia strachu

Bojaźń, której człowiek doświadcza na widok czegoś, co mu grozi, lub zdaje się że grozi, na wieść, na myśl samą o jakimś niebezpieczeństwie, a niekiedy nawet bez żadnego powodu; bojaźń, która tyle złego wyrządziła i wyrządza ludziom, która sama jedna jest matką większej zapewne liczby wierzeń, podań i przesądów, aniżeli wszystkie inne razem wzięte stany psychologiczne człowieka; bojaźń ta, jak każdy inny objaw psychologiczny, jest ściśle powiązana z szeregiem zjawisk fizjologicznych. Obszerną tę dziedzinę pojawów objął profesor Mosso z Turynu w książce bogatej w treść, jak najlepsze studjum z nauk doświadczalnych, a barwnie i wykwiennie napisanej, jakby jaka powieść. Z książki tej bierzemy rozdział pod napisanym u góry nagłówkiem i podajemy naszym czytelnikom.

Kiedy niebezpieczeństwo nam grozi, kiedy uczuwamy przestרח lub wzruszenie, organizm nasz musi zbierać siły, musi ożywić czynność ośrodków nerwowych; automatycznie zwązają się wtedy naczynia i krew napływa ku głowie. Jeżeli zakłopotanie nasze jest niewielkie — wystarcza ten zasilek, jaki z wewnętrznych naczyń nadpłynął, owszem bywa go za wiele i nadmiar rozlewa się po twarzy, okrywając ją szkarłatem. Ale kiedy stan jest prawdziwie groźny — mózg zbiera zapasy skąd może, nawet z powierzchniowych naczynek włosowatych skóry, a wtedy na licu naszym ostada złowroźna bladeść.

B. Bladeść i rumieniec według profesora Mosso z Turynu. Wszechświat 1886, 5:436 (11 VII).

Jak rolnictwo amerykańskie, a może i światowe uniknęło klęski

Słynny naturalista Audubon podaje, że gołębie wędrownie ubijane w okolicach New-Yorku miały jeszcze wole wypełnione ziarnami ryżu, zebranymi niewątpliwie na polach Georgii i Karoliny. Wiadomo, że trawienie u gołębi odbywa się tak szybko, że po dwunastu godzinach pokarm jest całkowicie zabsorbowany, wypadła przeto przysława, że gołębie te, przebyły w sześciu godzinach 300—400 mil, to jest z prędkością mili angielskiej na minutę. Tym więc sposobem, jak powiada Audubon, gołąb wędrowny mógłby zwiedzić w ciągu trzech dni ład europejski.

W początku naszego stulecia, gołębie te roiły się jeszcze w wielkich lasach Ameryki północnej i zagrażały rolnictwu.

„Będzie zapewne rzeczą interesującą, powiada dalej Audubon, gdy podam przybliżone liczebne wyrachowanie gołębi w jednym z tych potężnych skupień i ilości pożywienia dziennego dla ptaków je składających. Weźmy kolumnę na milę szeroką, co jest o wiele niższe od rzeczywistości i obliczmy ją w przelocie ponad nami przez trzy godziny bez przerwy, w szybkości mili na minutę, otrzymamy równoległobok o 180 milach długości na jedną milę szerokości. Dajmy dwa gołębie na metr kwadratowy wypadnie jeden miliard i 115 156 000 gołębi w takim stadzie, a gdy każdy gołąb zjada codziennie dobre pół garści pożywienia, ilość potrzebna do wyżywienia tej strasznej gromady wyniesie 4 356 000 korcy dziennie”.

W lasach gołębie te karmią się ziarnami i owocami opadłymi, które wynajdują odrzucając bardzo zreszcie suche liście z powierzchni gruntu. W krótkim czasie oczyszczają ogromne przestrzenie, a na wieczór powracają do swoich siedzib, oddalonych niekiedy o setki mil. Jedno z takich miejsc położonych na brzegach rzeki zielonej było w nocy teatrem strasznej rzezi, której Audubon przekazał wzruszające opowiadanie. ...

Te straszne rzezie przez dwadzieścia z górą lat praktykowane nie przerzwały widocznie szeregów gołębi wędrownych i w roku jeszcze 1830 zwierzyzna ta zawałata targi Nowego-Yorku. Od tego jednak czasu postępy rolnictwa, tępienie lasów i budowa dróg żelaznych szczególnie wpłynęły na ograniczenie rozmnażania się tego ptaka, który obecnie znajduje się w przyzwoitej ilości.

Coby się jednak było stało, gdyby człowiek nie był ograniczył rozpostarcia się gołębia wędrownego. Niezawodnie, gołębie te, po zniszczeniu pól uprawnych i zburzeniu lasów w Stanach Zjednoczonych, byłyby się rzuciły na Meksyk i Amerykę centralną; niektóre stada byłyby się niewątpliwie przedarły przez miedzymorze Panamskie aż do Ameryki południowej, gdy inne skierowałyby się przez cieśninę Behringa do Azji, skądby może ściągnęły i do Europy.

W. Taczanowski. O przelotach amerykańskiego gołębia wędrownego (*Ectopistes migratorius*). Wszechświat 1886, 5:550 (29 VIII).

Polski uczoney wybrany rektorem uniwersytetu w Bernie

— Profesor chemii fizjologicznej w Bernie, dr Nencki, obrany został na przyszły rok akademicki rektorem uniwersytetu.

St. Pr. (Prauss). Wiadomości bieżące. Wszechświat 1886, 5:463 (18 VII)

— Po odrzuceniu przez prof. dra M. Nenckiego wyboru na rektora uniwersytetu berneńskiego, obrany został na ten urząd prof. dr Pflüger.

St. Pr. (Prauss). Wiadomości bieżące. Wszechświat 1886, 5:527 (15 VIII)

Pomysłowi Amerykanie

Stare obuwie skórzane, które u nas żadnej nie przedstawia wartości, zużytkowuje się korzystnie w Stanach Zjednoczonych. Buty lub trzewiki zniszczone krajają się na drobne kawałki i przez kilka dni moczą w chlorku siarki. Po wysuszeniu stają się bardzo twarde i kruche; przepiókuje się je zimną wodą, suszy i kruszy. Proszek tak otrzymany zlepia się jakimkolwiek tanim klejem i ugniata się w formach. W ten sposób wyrabiają się z tej masy grzebienie, guziki, rękojeści do noży i t.p. przedmioty; wyroby takie mają wejrzenie i trwałość ebonitowych. Przemysł ten tem bardziej jest użyteczny, że zapotrzebowanie kauczuku wzrasta, a produkcja jego, jak się zdaje wciąż się zmniejsza.

S. K. (Kramsztyk). Kronika naukowa. Technologia. Wszechświat 1886, 5:543 (22 VIII).

Papugi i pożytek z nich

W samej rzeczy papuga jest w najwyższym stopniu kapryśną i nieposłuszną. Jeżeliśmy ją raz, drugi, dziesiąty na szkodzię jakiej złapali, możemy ją karać do nieskończoności bez żadnego dodatniego rezultatu. Piękny egzemplarz kakadu, przywieziony przez prof. Dybowskię z Singapuru, tak był szkodny, że każdy przetrzymawszy go kilka tygodni zwracał właścicielowi. Jednemu z naszych znajomych zrobiła szkody na paręset rubli, objadając forniry mebli i niszcząc obicia.

Kara, zamiast poprawić papugę, czyni ją złośliwą i bojaźliwą, bez poprawy bynajmniej złych natogów. Ta niezależność charakteru, ten dziwny upór w brojeniu złego, zdaje się być głównym tłem popuzich usposobień, do których dodać należy niezwykłą kapryśność. Nigdy nie możemy być pewni humoru w jakim zastaniemy naszego elewa; w jednej chwili z karesującego się, staje się stworzeniem złośliwym, zdolnym ugryść nawet osoby z najbliższego otoczenia.

Taka charakterystyka papug niekoniecznie dobrze usposobi czytelników dla tych ptaków; niemniej jednak zmuszony jestem rekomendować je wszystkim, jako stworzenia bardzo zabawne, a często nawet szczerze przywiązane do swych karmicieli.

Oprócz rozweselania ludzi, papugi niewielki stosunkowo użytek przynoszą. Mięso ich jest dość twarde i tykowate, czego nie traci nawet przy dłuższym wygotowaniu. Za to rosół ma być doskonały, według twierdzenia księcia de Wied i innych podróżników. Indyjanie amerykańscy, jak również i biali osiedli w zwrotnikowej Ameryce chętnie biją te ptaki na pokarm. Oprócz tego różnobarwne pióra tych papug służą dzikim ludom i modnym damom do ubrania głowy.

J. Sztolcman. Szkice ornitologiczne. Wszechświat 1886, 5:552 (29 VIII).

Leniwce

Leniwce żyją na drzewach, lecz dostać się tam, gdzie zwinna wiewiórka lub małpa znajdzie się w parę sekund, jest dla leniwca wielce trudnym i mozolnym zadaniem. Ruchy leniwca po ziemi są rozpaczliwie niedołężne i najbardziej chód żółwi przypominają. Rosztawiając szeroko nogi, wsparty na łokciach, poruszając każdą nogą z osobna szerokim łukiem naprzód, posuwa się zwierzę nadzwyczaj powoli, kiwając głową i szyją na prawo i lewo, jakby dla utrzymania niezbędnej równowagi.

Na głód i pragnienie leniwiec jest niezmiernie wytrzymały. Żywią się wyłącznie paczkami, młodem i owocami, wodę zastępuje im w zupełności obfita rosa. O ile wytrzymałym jest leniwiec na głód i pragnienie, o tyle też nieczułym się zdaje na wszelki ból i niewygody, uderzony prętem nasz leniwiec w Chimbo budził się, otwierał oczy i podnosił swolna długie ramię aby się podrapać, lecz zwykle niedokonywszy ruchu, zaraz zasypiał. Kiedy wreszcie wyjeżdżając z Chimbo musieliśmy go uśmiercić, pierwsza kula z małego karabinka, którą dostał w głowę, nie zrobiła nań większego wrażenia od uderzenia prętem, bo się tylko w głowę podrapał, dwie inne również zostały bez skutku, dopiero strzał w kręgi szyjowe zabił go.

Pożytek z leniwca niewielki, w niektórych okolicach niewybredni w smaku indyjanie i murzyni jadają jego wstrętnie cuchnące mięso, czasami też z mocnej i trwałej jego skóry robią torby i futerały. Pomimo to, pomimo jego nieszkodliwości, człowiek posuwając się coraz dalej w głąb puszczy dziewiczych tępi coraz bardziej te zresztą dość rzadkie zwierzęta tak, że prawdopodobnie już w niedalekiej przyszłości ostatni potomkowie dyluwialnych Megateryjów i Mylodontów będą należeli do historii.

J. Siemiradzki. Leniwce. Wszechświat 1886, 5:440 (11 VII).

Ostrożnie z lodami

Prof. Leidy notuje nadzwyczaj ciekawy fakt. W bryle lodu, która stanowiła część wielkiego zapasu lodu w Moorestown w stanie Nowy York, przechowywanego przez rok cały w piwnicy lodowej, znajdowało się mnóstwo pęcherzyków powietrza i kroplek wody. Podczas topnienia tej bryły powylażyło z niej mnóstwo robaków w stanie zupełnie żywym. Prawdopodobnie podczas swego niewoli w lodzie nie zamarzły one w samym lodzie, ale stężały w kroplach wody. Osobliwym jest to, że przez tak długi czas żyły one w lodzie, gdy tymczasem w wodzie powstałej ze stopionego lodu prędko żyć przestały. Prof. Leidy przypuszcza, że robaki te dotychczas zupełnie były nieznanne i proponuje dla nich nazwę *Lumbrica glacialis*. Ich długość wynosi 5 do 6 cm a posiadają 35 do 50 pierścieni. Otwór ust nie posiada organów gryzących a oczu robaki te wcale nie mają. Naturalnie w spostrzeżeniu tem przedewszystkiem widzieć należy przestrożę w używaniu lodu z pęcherzykami do jedzenia.

M. Fl. (Flaum). Kronika naukowa — Higijena. Wszechświat 1886, 5:527 (15 VIII).

ROZMAITOŚCI

Definicja śmierci mózgowej. W miarę rozwoju techniki medycznej jednoznaczny kiedyś obraz śmierci zaczął się komplikować. Mówimy obecnie o śmierci klinicznej, śmierci mózgowej, śmierci legalnej. Definicja śmierci nie jest sprawą teoretyczną, ale bardzo istotną ze względu na postępy transplantologii z jednej strony, a możliwości podtrzymywania objawów życia u pacjentów, u których bez pomocy technicznej funkcje życiowe musiałyby zaniknąć, z drugiej. Dla celów transplantacji serca konieczne jest pobranie organu żywego, czynnego, a więc bijącego, a przeciwieście dopiero ustanie akcji serca uważa się powszechnie za objaw śmierci. Coraz częściej zaczyna się mówić o śmierci mózgowej, czyli stanie, w którym nastąpiły nieodwracalne zmiany w mózgu pacjenta, wskazujące z całą pewnością, że nie odzyska on nigdy przytomności ani zdolności do samodzielnego oddychania. Jakie jednak powinny być kryteria umożliwiający lekarzom uznanie pacjenta za martwego, a co za tym idzie — pobranie organów do transplantacji? Brak takich kryteriów bardzo poważnie opóźnia postępy transplantacji, zwłaszcza w krajach, w których istnieją silne opory przeciw pobieraniu narządów ze zwłok. Takim krajem jest Japonia i tam właśnie, ze

względu na wielkie opory przeciw przeszczepom narządów, ustalono ostatnio kryteria śmierci mózgowej. Oto one: 1 — głęboka śpiączka, 2 — brak spontanicznego oddychania, 3 — poszerzenie obu źrenic powyżej 4 mm, 4 — utrata odruchów sterowanych przez pień mózgu, i 5 — wyplaszczenie zapisu czynności bioelektrycznej mózgu (EEG). Wszystkie te objawy muszą utrzymywać się co najmniej do 6 godzin. Ponadto nie uważa się za zmarłe, pomimo spełnienia tych kryteriów, dzieci (których zdolności do powrotu do normy mogą być nadzwyczajne) oraz osób, które znalazły się w tym stanie w wyniku zatrucia. Jeżeli definicja śmierci mózgowej zostanie uznana za definicję śmierci legalnej, umożliwi to lekarzom podejmowanie decyzji pobrania organów bez narażania się na zarzut popełniania morderstwa, a zarzuty takie były w Japonii niejednokrotnie wysuwane. Ważne jest jednak jeszcze przekonanie społeczeństwa, że osoby wykazujące objawy śmierci mózgowej są rzeczywiście martwe. Jak dotychczas opinię taką podziela mniej niż jedna trzecia Japończyków.

Nature 1985, 318:591.

J. Latini

Szpitala psychiatryczne a więzienia. Wprowadzenie leków psychotropowych zmniejszyło liczbę pacjentów w szpitalach psychiatrycznych, ale nie jest sprawą jasną, czy nie odbywa się to kosztem tak pacjentów, jak i społeczeństwa. Badania statystyczne w Wielkiej Brytanii wykazały, że w miarę spadku liczby pacjentów w szpitalach psychiatrycznych wzrasta liczba przestępców przebywających w więzieniach. Od r. 1954, w którym zaczęto szeroko stosować leki psychotropowe, do chwili obecnej liczba pacjentów psychiatrycznych w Anglii i Walii zmalała o połowę, a liczba więźniów wzrosła prawie trzykrotnie. Korelacja pomiędzy tymi dwoma trendami jest bardzo silna. To, że sprawa nie jest przypadkowa, sugerują wyniki badań psychiatrycznych w więzieniu w Brixton: proporcja schizofreników wśród więźniów jest 22-krotnie wyższa niż przeciętna krajowa. Jeżeli faktycznie duży procent więźniów, skazanych za przestępstwa z użyciem przemocy, jest schizofrenikami, nie można oczekiwać, aby więzienie ich reedukowało. Przeciwnie, można się spodziewać znacznej recydywy i popełniania przestępstw oraz samobójstw wkrótce po opuszczeniu więzienia. Wydaje się, że ograniczanie miejsc skutki społeczne i nie być polityką tak humanitarną, w szpitalach psychiatrycznych może mieć niepożądane na jaką wyglądało. Wielu pacjentów psychiatrycznych nie umie się dostosować do warunków życia na wolności i szybko kończy w więzieniu.

New Scientist 1986, 109 (1490):22

J. Latini

Stabilne enzymy. Bakterie termofilne, żyjące w wodzie o temperaturze przekraczającej 70°C, zawdzięczają tę niezwykłą właściwość strukturze swych makrocząstek. Enzymy tych bakterii wykazują znacznie podwyższoną termostabilność, której towarzyszy zwiększona oporność na działanie innych czynników denaturujących, takich jak detergenty jonowe, niskie i wysokie pH, chlorowodorek guanidyny, mocznik czy rozpuszczalniki organiczne. Przyczyny stabilności enzymów organizmów termofilnych budzą żywe zainteresowanie, motywowane nie tylko względami czysto poznawczymi, lecz także utylitarnymi, bowiem enzymy znajdują coraz szersze zastosowanie biotechnologiczne, w związku z czym wyższa stabilność enzymu może mieć wymierny walor ekonomiczny.

Porównanie sekwencji reszt aminokwasowych enzymów organizmów termofilnych i odpowiadających im enzymów organizmów mezofilnych nie wykazało, by jakiś konkretny aminokwas mógł decydować o zwiększeniu stabilności białek enzymatycznych. Obecnie sądzi się, że stabilność białek zależy od sumy przyczynków związanych ze stanem energetycznym wielu reszt aminokwasowych, określonych przez ich położenie w stosunku do powierzchni cząsteczki białka. Początkowe badania struktury białek sugerowały, że hydrofilowe (mające tendencję do kontaktu z wodą) reszty aminokwasowe znajdują się na powierzchni cząsteczki białek, a reszty hydrofobowe (mające tendencję do unikania kontaktu z wodą) — wewnątrz cząsteczki. Analiza sekwencji reszt aminokwasowych wielu białek wykazała jednak, że sytuacja nie jest aż tak prosta, bowiem na powierzchni cząsteczek białek zlokalizowanych jest wiele hydrofobowych reszt aminokwasowych. Stabilność białek wydaje się zależeć od tego, ile ich się tam znajduje. Zastąpienie jednej reszty hydrofobowej na powierzchni cząsteczki enzymu przez resztę hydrofilową nieco zwiększa stabilność enzymu i każda powierzchniowo zlokalizowana reszta wnosi wkład w stabilność cząsteczki. Inna droga zwiększania stabilności enzymów to tworzenie wewnątrzcząsteczkowych „zszywek” czyli wiązań kowalencyjnych pomiędzy różnymi resztami aminokwasowymi w cząsteczce (oczywiście innych niż istniejące już wiązania peptydowe), które stabilizują konformację enzymu. Stwierdzenia te dają biotechnologom pole do manipulacji stabilnością enzymów, zarówno za pomocą konwencjonalnych metod biochemicznych, jak i środkami inżynierii genetycznej.

Ann. New York Acad. Sci. 1985, 434:1

G. B.

Jak działa jad kielbasiany? Jad kielbasiany jest najsilniejszą spośród znanych toksyn biologicznych; dawka letalna tej neurotoksyny wynosi dla człowieka ok. 1 ng (10⁻⁹ grama) na kilogram masy ciała. Toksyna ta, wytwarzana przez bezlenową laseczkę jadu kielbasianego (*Clostridium botulinum*) jest białkiem o masie cząsteczkowej 150 000. Może ono występować w postaci pojedynczego łańcucha polipeptydowego bądź produktów jego proteolitycznego rozpadu — dwu łańcuchów połączonych ze sobą mostkiem dwusiarczkowym. Redukcja wiązania dwusiarczkowego w cząsteczce toksyny złożonej z dwu łańcuchów prowadzi do jej rozpadu na dwie nietoksyczne podjednostki.

Toksyna działa głównie na zakończenie nerwów cholinergicznych, gdzie hamuje wydzielanie przekąźnika synaptycznego — acetylocholin. Przyczyna śmierci jest zazwyczaj paraliż oddechowy powstający w wyniku zablokowania wydzielania acetylocholin i zahamowania w ten sposób przekazywania impulsów z nerwu przeponowego na mięsień przeponowy. Receptor (czy, jak wolą niektórzy, „akceptor”) toksyny w synapsie nie został ostatecznie zidentyfikowany, wiadomo jednak, że jest on glikoproteiną zawierającą kwas sjałowy. Miejscem działania toksyny może być jedno z trzech białek synapsy: fosforylaza białkowa zależna od cAMP, kinaza białkowa zależna od Ca²⁺ i kalmoduliny bądź synapsyna 1 — główne białko synapsy, na które działają oba wymienione enzymy. Nieuczynienie któregokolwiek z tych białek prowadzić musi do zablokowania przekazywania impulsów przez synapsę.

Trends Pharmacol. Sci. 1985, 6:80

G. B.

Określono strukturę pierwszorzędową białka przenoszącego aniony. Jednym z białek występujących najliczniej w błonach plazmatycznych krwinek czerwonych jest tzw. białko pasma 3, odpowiedzialne za przenoszenie anionów (w warunkach fizjologicznych głównie Cl⁻ i HCO₃⁻) przez błonę. W 1985 r. grupa badaczy z Massachusetts określiła strukturę pierwszorzędową (czyli sekwencję reszt aminokwasowych) cząsteczki białka przenoszącego aniony z erycytów myszy. Oznaczenie struktury pierwszorzędowej białka miało charakter pośredni, odcyfrowano bowiem nie sekwencję reszt aminokwasowych białka, lecz sekwencję nukleotydów DNA komplementarnego do m-RNA dla tego białka. Metoda ta stosowana jest coraz częściej w badaniach białek błon. W przypadku białka przenoszącego aniony umożliwia ona odczytanie sekwencji aminokwasów całego pojedynczego łańcucha polipeptydowego tego białka, złożonego z 929 reszt aminokwasowych, podczas gdy metody bezpośredniego oznaczania sekwencji reszt aminokwasowych umożliwiły jak dotychczas odcyfrowanie sekwencji tylko kilku fragmentów łańcucha, z których najdłuższy zbudowany był z 201 reszt aminokwasowych. Oznaczenie sekwencji aminokwasów w białku jest dziś już sprawą dość powszednią, jednak w przypadku białka przenoszącego aniony ma znaczenie szczególne, bowiem chodzi tu o stosunkowo bardzo długi łańcuch polipeptydowy białka błonowego, a przede wszystkim, może ono przyczynić się do wyjaśnienia ciągle enigmatycznego mechanizmu transportu anionów przez błonę komórkową. Dotychczas nie ustalono, ile razy cząsteczka białka przenoszącego aniony przechodzi przez dwuwarstwę lipidową błony. Sugerowano, że przebiega ona dwuwarstwę lipidową 1, 3, 5 bądź 7 razy. Analiza rozkładu hydrofobowych reszt aminokwasowych w łańcuchu tego białka dokonana przez badaczy z Massachusetts sugeruje, że łańcuch ten przechodzi przez dwuwarstwę lipidową aż 12 lub 13 razy. Część z tych fragmentów, które prawdopodobnie przebijają dwuwarstwę lipidową zawiera także znaczną ilość reszt hydrofilowych, co sugeruje, że fragmenty białka znajdujące się wewnątrz dwuwarstwy mogą być tak zgrupowane, iż tworzą kanał, hydrofilowy umożliwiający przechodzenie anionów przez błonę.

Nature 1985, 316:234

G. B.

Nowe nadzieje w leczeniu cukrzycy: wanad zamiast insuliny. Jedną z najgroźniejszych form cukrzycy spowodowana jest zmniejszeniem wydzielania insuliny, wskutek zaburzeń funkcjonowania tzw. komórek beta wysp trzustki, gdzie hormon ten jest syntetyzowany. Chorym, jak dotychczas, podaje się insulinę w formie zastrzyku, zalecając odpowiednią dietę.

Nowe nadzieje w tej dziedzinie przynosi zastosowanie wanadu, pierwiastka, o insulinopodobnym działaniu. Występuje on tylko w śladowych ilościach w skorupie ziemskiej, znajduje się też w organizmach żywych. Jego rola biologiczna jest jeszcze słabo poznana, wiadomo jednak, że uczestniczy w metabolizmie cukrów (stymuluje utlenianie glukozy, wzmacnia jej syntezę w wątrobie).

Badania nad przeciwcukrzycowym działaniem wanadu przeprowadzono na młodych, sześciotygodniowych szczurach. Przy pomocy streptozotocyny wywołano u nich cukrzycę, po czym podawano, rozpuszczony w wodzie do picia, ortowanadnian sodu (Na_3VO_4) w dawce 75 mg/kg dziennie. Czterotygodniowa „kuracja” spowodowała spadek poziomu glukozy we krwi do wartości stwierdzanej u osobników zdrowych. Jednocześnie okazało się, że podawanie Na_3VO_4 obniża poziom insuliny; wanad hamuje wydzielanie tego hormonu. Zaobserwowano, że zwierzęta, które otrzymywały wanad, pobierały 4 do 8 razy mniej płynów (nadmierne picie — polidypsja — jest jednym z charakterystycznych objawów cukrzycy). Stosowanie wanadu niesło jednak za sobą pewne skutki uboczne — tempo wzrostu młodych szczurów uległo zmniejszeniu. Przypuszczalnie ta dawka pierwiastka zaburzała procesy podziały i wzrostu komórek.

Science 1985, 227:1474

Sylwester Chyb

Odkryto skupisko węży sprzed 32 milionów lat. Charakterystyczne zachowanie społeczne węży, polegające na tworzeniu kłębówisk, nie jest niczym nowym. Świadczy o tym odkrycie dokonane w stanie Wyoming (pn. zach. USA). W osadach oligoceńskich (sprzed ok. 32 milionów lat) znaleziono skamieniałe skupisko węży. Składa się ono z trzech szkieletów. Największy, niemal półmetrowy, zaliczono do rodzaju

Ogmophis, dwa mniejsze do rodzaju *Calamagras*. Obie pospolite w trzeciorzędzie formy należą do rodziny dusicielii (*Boidae*), a w jednym z najbliższych z nimi spokrewnionych gatunków jest współcześnie żyjący, zamieszkujący obszar śródziemnomorski Europy, Azji i Afryki, strzelec stepowy (*Eryx jaculus*). Odnalezione okazy stanowią najlepiej zachowany materiał kopalny dla rodzajów *Ogmophis* i *Calamagras*. Jest to także pierwszy na świecie przypadek znalezienia szkieletów kilku osobników tworzących grupę.

Nature, 1985, 315:13

Sylwester Chyb

Taktyka obronna Euplotesa. Znane są rozmaite sposoby ochrony przed drapieżnikami; pewne organizmy upodabniają się do otoczenia, inne gromadzą w swym ciele substancje trujące, itd. Ciekawy mechanizm zaobserwowano u orzęsków z rodzaju *Euplotes* (rząd *Hypotrichia*). W zetknięciu się z orzęskami *Lembadion lucens* (rząd *Hymenostomata*) powiększają one znacznie swoje rozmiary. Okazy takie zaobserwowano w materiale zebranym w naturze, dopiero jednak stosując *Euplotes* jako pożywienie dla innych pierwotniaków zidentyfikowano przyczynę i opisano przebieg tego ciekawego zjawiska. Zachodziło ono pod wpływem odpowiedniego sygnału chemicznego; był nim prawdopodobnie polipeptyd wydzielany przez pierwotniaki drapieżne. W ciągu kilku godzin powodował on zmiany rozmiarów i kształtu niedoszłych ofiar. Szerokość orzęsków rosła prawie dwukrotnie (średnio z 22 na 42 μm), długość zaś o 1/4 (z 87 na 106 μm). Nierównomierny wzrost rozmiarów komórki powodował zmianę jej kształtu z wydłużonego na owalny. Uniemożliwiało to drapieżnikom pochłonięcie ofiary. Stan ten utrzymywał się przez cały czas obecności morfogenu (substancji wywołującej zmiany morfologiczne organizmów) w środowisku. Ustalono także, że wyższe stężenie morfogenu przyspiesza proces. Oprócz *Lembadion lucens* także inne orzęski uwalniają podobne substancje. Opisany mechanizm obrony stwierdzono także w innych grupach systematycznych (wrotki, wioślarki, mszywioly).

Science 1985, 227:1347

Sylwester Chyb

RECENZJE

Edmund Jońca: **Obszary chronione i zabytki przyrodnicze w województwie wałbrzyskim**, Regionalna Pracownia Krajoznawcza ZW PTTK, Wałbrzych 1984, s. 59.

Autorem tej wartościowej książeczki jest zasłużony popularyzator przyrody Sudetów Środkowych. Praca została napisana z dużym znanstwem, zwięźle, obejmuje wszystkie najważniejsze informacje. Podano w niej charakterystykę przyrodniczą obszaru województwa, dla którego ochrona przyrody i krajobrazu ma szczególne znaczenie ze względu na walory turystyczne oraz silną antropopresję, przedstawiono parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu i rezerwy przyrody. Zgłoszono też postulaty dotyczące dalszych stanowisk.

Starannie, choć skromnie wydana praca nie ma istotniejszych usterek. Za trzeciorzędne należy uznać użycie raz nazwy Grupa Snieżnika (s. 6), choć wszędzie indziej autor stosuje powszechnie przyjętą nazwę Masyw Snieżnika. Jego najwyższym szczytem jest jednak Snieżnik, a nie Snieżnik Kłodzki, jak się kilkakrotnie przemknęło (np. s. 21). Kozicę trudno uznać za gatunek towarzyszący człowiekowi lub przez niego sprowadzony pod Snieżnik, gdyż przybyła ona tam w 1972 r. zupełnie niezależnie (s. 11). W popularnej pracy lepiej byłoby zamiast słowa depopulacja

użyć po prostu wyludnienie. Ale to doprawdy drobiazgi. Warto zainteresować się tą pracą.

Krzysztof R. Mazurski

Informator Krajoznawczy 1981—1982. Oddział Wrocławski PTTK.

To kilkakrotnie już prezentowane na tych łamach wydawnictwo otrzymało w 1984 r. nową redakcję w składzie: Alfred Niemiec, Eugeniusz Rachwański i Jerzy Załęski. Nadrabia ona powstałe zaległości, łącząc poszczególne zeszyty. Ukazały się w nich interesujące publikacje przyrodnicze: T. Kusiak z Jagińską opisał *Początki ochrony przyrody w Sudetach Zachodnich* (III—IV/82), zaś J. Załęski *Nowe rezerwy w województwie wrocławskim* (oba III—IV/82). Kamieniogórska Komisja Krajoznawcza przedstawiła natomiast *Ciechanowicką sztolnię Helena* (IX—XII/82), założoną w XVIII w. w łupkach miedziowych.

„Informator Krajoznawczy” w 1985 r. kończy piętnaście lat. Należy wydawcom pogratulować wytrwałości i życzyć wielu sukcesów.

Krzysztof R. Mazurski

Phytoalexins. Wyd. John A. Bailey, John W. Mansfield, Blackie Son Ltd., Glasgow—London 1982, str. 334, ponad 320 wzorów strukturalnych, 13 tabel, 55 rycin, 20 schematów, cena £ 28

Cytowana monografia jest pierwszym opracowaniem, które poświęcono związkom chemicznym syntetyzowanym przez rośliny pod wpływem patogennych mikroorganizmów, soli niektórych metali, promieniowania nadfioletowego i innych czynników. Mimo że określenie fitoaleksyna (*phyton* — roślina, *alexin* — chronić, odwracać niebezpieczeństwo) zostało wprowadzone w 1940 r. przez K. O. Müllera i H. Børgera, to strukturę pierwszej fitoaleksyny — pizatyry określono dopiero w 1962 r. (D. R. Perrin i W. Bottomley).

Opracowanie zostało przygotowane przy udziale 10 autorów, w większości pochodzących z Wielkiej Brytanii i USA. Książka obejmuje 10 rozdziałów. Każdy kończy się spisem literatury, z podaniem tytułów, przy zachowaniu kolejności alfabetycznej nazwisk autorów. Poza wprowadzeniem i konkluzjami końcowymi, autorzy w trzech kolejnych rozdziałach omawiają występowanie fitoaleksyn w gatunkach rodzin *Leguminosae*, *Solanaceae* i dalszych 16 taksonach.

Bardzo dokładnie i przejrzysto został opracowany rozdział o fitoaleksynach w rodzinie Motylkowatych. Tabela obejmuje 102 związki, dla których podano wzory strukturalne i sumaryczne, masę cząsteczkową, λ_{\max} (nm) światła nadfioletowego i wyniki reakcji barwnych. Poza fluorescencją związków przy niektórych fitoaleksynach uwzględniono temp. topnienia, skręcalność optyczną oraz aktywność przeciwwgrzybicową. Zestawienie informuje, z jakiego gatunku i organu rośliny oraz przez jakich autorów została opisana poszczególna fitoaleksyna. Jak wynika z zamieszczonych materiałów, najliczniejszą grupę stanowią izoflawonoidy obok związków typu stilbenu oraz furanowych pochodnych benzeny i acetyleny.

W rodzinie *Solanaceae* metabolitami stresowymi okazały się związki fenolowe, glikoalkaloidy steroidowe, seskwiterpenoidy i poliacetyleny. Fitoaleksyny w pozostałych rodzinach systematycznych posiadają różny charakter chemiczny. Każdy z trzech omawianych powyżej rozdziałów został opracowany przez innego autora (J. L. Ingham, J. Kuć, D. T. Coxon) i stąd dotychczasowe wyniki badań przedstawiono w różnym ujęciu.

Zagadnienia biosyntezy i metabolizmu fitoaleksyn są przystępnie opisane w oddzielnych rozdziałach, bogato ilustrowanych schematami i rycinami. Dalsze rozdziały poświęcono omówieniu toksyczności fitoaleksyn, mechanizmowi ich gromadzenia i znaczenia w chorobach roślin. Niektóre zagadnienia autorzy zobrazowali zdjęciami spod mikroskopu świetlnego i elektronowego. Książka kończy się spisem rzeczowym, związków chemicznych łącznie z enzymami oraz spisem organów roślinnych.

Recenzowana pozycja jest dokumentacją obecnego stanu wiedzy z zakresu fitoaleksyn i będzie przedmiotem zainteresowania specjalistów, szczególnie z zakresu fizjologii roślin, fitopatologii i fitochemii.

Lutosława Skrzypczak

Jiří Soják: **Rostliny našich hor.** Státní pedagogické nakladatelství, Praha 1983, str. 431, fotografii wielobarwnych 180 i czarnobiałych 4, cena Kcs 63.—

We wstępie do publikacji, liczącym 50 stron, podano podstawowe wiadomości dotyczące pięter roślinnych w górach. Szczególny nacisk położono na górne granice lasów w pasmach górskich Czechosłowacji i występowanie endemitów; zawarto tam również analizę klimatu i gleb. Interesujących informacji dostarcza rozdział o biologicznych właściwościach roślin górskich. W ostatnim rozdziale podano krótką charakterystykę górskich pasm Czechosłowacji, oraz wiadomości o glebie i szacie roślinnej. Resztę atlasu wypełniają opisy i fotografie wybranych 180 gatunków roślin górskich. Dla każdego gatunku podano nazwę łacińską, synonimy, przynależność do rodziny,

opis morfologiczny, siedlisko oraz stanowiska. W wielu przypadkach dodatkowo umieszczono informacje o gatunkach i podgatunkach tego samego rodzaju. Zaznaczono, czy dany gatunek podlega ochronie. Podano wiadomości o rozmazaniu i pochodzeniu nazwy. Czasem zaznaczono stosowanie ziela w medycynie ludowej, np. arnika górską *Arnica montana* dawniej była uważana za uniwersalny środek przeciw najróżniejszym chorobom, dzisiaj zielem arniki leczy się choroby reumatyczne i inne. Jest to roślina chroniona. Opisy uzupełniają znakomite fotografie, wykonane w naturalnych zbiorowiskach roślinnych; ukazują one doskonale szczegóły morfologii roślin. Publikację uzupełnia słowniczek terminologiczny i wykaz gatunków.

Pozycja przeznaczona dla turysty, nie będącego znawcą flory górskiej, doskonale spełnia swe zadanie. Fotografie, eksponujące cechy taksonomiczne gatunków, pozwalają rozpoznać roślinę na wycieczce. Atlas powinien być przetłumaczony na język polski ze względu na informacje dotyczące również i naszych gór, które stanowią przecież naturalną granicę między Czechosłowacją a Polską. Wszystkie gatunki opisane w publikacji występują w polskiej części gór.

Elżbieta Czeremańska-Gocławska

Antonina Leńkowa: **Pod znakiem pandy.** Krajowa Agencja Wydawnicza, Warszawa 1985, stron 246 + XXXII, nakład 10 000 + 300, cena zł 180,—

Pod koniec 1985 roku na półkach niektórych krajowych księgarń pojawiła się na krótko kolejna książka naszej znakomitej popularyzarki wiedzy zoologicznej i ochrony przyrody — dr Antoniny Leńkowej. Autorka słynnej *Oskalpowanej Ziemi*, wychowanka wielkich mistrzów, profesorów W. Szafera i W. Goetla, tym razem zaprezentowała publikację o zagładzie i antropogennym wymieraniu dzikich zwierząt na naszym globie, a tematykę tę zapowiada jednoznacznie sam tytuł książki.

Pod znakiem pandy działa od wielu lat Światowy Fundusz na Rzecz Dzikich Zwierząt (WWF), który partycypuje w trudnych i chyba najbardziej spektakularnych akcjach ratowania gatunków i całych grup zwierzęcych w różnych punktach świata. Panda stała się symbolem nie tylko WWF, ale — w odczuciu wielu ludzi — także hasłem ochrony fauny. Książka *Pod znakiem pandy* jest konsekwentnym i bardzo cennym uzupełnieniem dotychczasowych dzieł dr A. Leńkowej, zwłaszcza znajdującej się jeszcze w druku jej innej tego typu pozycji książkowej pt. *Trudna droga do arki Noego*. Problematyka podjęta w książce jest bardzo aktualna, a ranga tego zagadnienia będzie rosła, jak rosną problemy zagrożenia i restytucji gatunków czy innych taksonów zwierzęcych. Wiedza o wymieraniu i ochronie zwierząt jest wprawdzie szeroka, ale również ogromnie rozproszona w światowej literaturze. Napisanie na ten temat książki wymaga znacznej erudycji zoologicznej, dobrej analizy faktów oraz umiejętności popularyzatorskich. Toteż niewielu autorów podejmuje tego rodzaju tematykę. Autorka przyzwyczała nas już do swoich publikacji z tego zakresu na najwyższym poziomie merytorycznym, stawianych w rzędzie słynnych dzieł zagranicznych, np. B. Grzimka (*Nie ma miejsca dla dzikich zwierząt i in.*), H. Wendta (*Śladami Noego*), czy V. Dröschera. Także i w tym wypadku wywiązała się z niełatwego zadania nadzwyczaj dobrze, tworząc dzieło oryginalne, godne wysokiej klasy zawodowca. Co ważne, Autorka bez uprzedzeń podjęła nawet tak kontrowersyjne, i zdawałoby się, paranaukowe tematy, jak występowanie Yeti i Nessie. Nadaje to książce sensacyjnego charakteru. Autorce nie chodzi jednak o sensację, lecz o bezstronne i fachowe naświetlenie faktów i zdarzeń z punktu widzenia najbardziej wiarygodnych badań i doniesień. Okazuje się, że sprawa Yeti i Nessie to nie tylko temat dla dziennikarzy na sezon ogórkowy, ale również dla poważnych ludzi nauki i instytucji naukowych.

Książka zawiera sporo informacji, jakich nie spotykamy w innych tego typu wydawnictwach w kraju,

a nawet i za granicą. Ilu bowiem ludzi słyszało o mieście Crocodylipolis i cmentarzyskach darzonych czczią krokodyli w starożytnym Egipcie, o dramatycznej i pełnej ofiarności walce o przetrwanie ostatnich osobników petreli bermudzkiej, o pasjonujących poszukiwaniach na Nowej Zelandii osobliwej takahe, uznanej już za wymarłą, wreszcie ilu z nas wie, jak ocalono pandę wielką lub jelenia Dawida? Przez książkę A. Leńkowej przewijają się także wątki polskie; najważniejszy z nich to dramatyczna batalia o przetrwanie żubra, która zakończyła się sukcesem dzięki Polakom. W historię odkryć i wymierania rzadkich gatunków wtopione są gdzieś nazwiska naszych słynnych biologów, tych którzy przysłużyli się nauce na Dalekim Wschodzie (B. Dybowski, J. Kalinowski) i którzy uczestniczyli w pionierskich eksplocacjach przyrodniczych Ameryki Południowej (np. J. Sztolcman). W tym miejscu budzi jednak zastrzeżenie sugestia (str. 46—48), jakoby obserwacji penelopy białoskrzydłej w Ameryce Południowej mieli dokonać J. Sztolcman i W. Taczanowski. Tymczasem w źródłach krajowych trudno doszukać się dowodu na to, aby Taczanowski — nasz najwybitniejszy ornitolog XIX wieku — odwiedzał kiedyś Amerykę Południową. Wynika z nich natomiast, że swe słynne i odkrywcze publikacje o ptakach tego kontynentu (m. in. Peru) przygotował on w oparciu o zbiory J. Sztolcmana, który był jego uczniem.

Całość książki podzielona jest na 13 rozdziałów; są to: *Panda — dar przyjaźni, Rola zoo jako jedyne go azylu, Radość z odnalezionych, O mieszkaniach zastępczych i duchach zaginionych marynarzy, Owocne poszukiwania, Powroty i przenosiny, Łzy nad krokodylem, Bractwo zielonego żółwia, Zbyt piękne, by je zabijać, Złe być wilkiem lub kojotem, Opiekunowie wielkich mat, Tajemnicza Nessie, „Odrażający człowiek śniegu”*. Książkę otwiera przedmowa Autora, a kończy starannie wykonany indeks nazwisk i nazw zwierząt. Cennym dodatkiem do tekstu są mapy i ryciny dokumentalne.

Książka ukazała się w nakładzie zaledwie 10 000 egzemplarzy, co nie jest wystarczające dla samych tylko bibliotek, nie mówiąc już o indywidualnych nabywcach. Toteż znikła ona z księgarń KAW (czy była gdzieś sprzedawana poza księgarniami tego wydawcy?) błyskawicznie, podobnie zresztą jak i inne wcześniejsze książki A. Leńkowej, że wymienię tu dwutomowe wydanie bardzo wartościowych materiałów dotyczących historii ochrony przyrody: *Zaczęło się od świętego gaju* (1981) i *Aby świat nie stał się pustynią* (1981), wydanych również przez warszawską KAW. Książka *Pod znakiem pandy* została wydrukowana na marnym papierze, ale stosunkowo schludnie jak na obecne możliwości i oferty polskiej poligrafii. Pozbawiona jest poważniejszych usterek technicznych i redakcyjnych, tym niemniej reprodukcje zdjęć są przynębiająco słabe. Biorąc pod uwagę przede wszystkim treść książki, można być przekonanym, że będzie ona cennym nabytkiem każdej biblioteki przyrodniczej i księgozbioru podręcznego.

Zbigniew Głowaciński

Paul Colinvaux: *Dlaczego tak mało jest wielkich drapieżników?* Przełożyli z ang. Joanna Gliwicz, Z. Maciej Gliwicz, Joanna Pijanowska, PWN, Warszawa 1985. Nakład 10 000, str. 288, cena zł 200. — (tytuł ang. *Why Big Fierce Animals Are Rare*, Princeton University Press, Princeton 1978)

„Ekologia nie jest nauką o zanieczyszczeniach, ani też nauką o ochronie środowiska”. Tak zaczyna swoją książkę angielski ekolog. Ekologia powinna przede wszystkim zadawać pytania i szukać odpowiedzi na temat przyczyn i mechanizmów zjawisk, obserwowanych w otaczającej nas przyrodzie. A najlepszą do tego drogą jest odwoływanie się do teorii doboru naturalnego i poszukiwanie jej zastosowań w wyjaśnianiu badanych procesów. Intencją autora jest pokazanie zarówno zasadności takiego podejścia jak i sukcesów, które dzięki niemu odniosła ekologia.

Książka jest zbiorem kilkunastu esejów, luźno ze sobą związanych. Znajdziemy tam bardzo różne za-

gadnienia, od problemu krążenia pierwiastków biogennych i składu chemicznego wód oceanu, po opisy zachowań terytorialnych zwierząt kręgowych. Autor chce pokazać złożoność i logikę tych rozmaitych procesów, nad którymi często się nie zastanawiamy, lub uważamy je za oczywiste. Zazwyczaj najpierw ukazuje problem, jego wagę i trudność, a następnie towarzyszy czytelnikowi w odkrywaniu rozwiązania. Jest ono czasami zaskakujące, czasami znane, ale cieszy się nową perspektywą, w której można je teraz ujrzeć. Nie tylko zwięzłość i przejrzystość wywodu są godne polecenia, ale także styl tych esejów. Colinvaux jest entuzjastą i potrafi ten entuzjazm przekazać czytelnikowi.

Obrazowi ekologii, zawartemu w omawianej książce można by jednak zarzucić pewną jednostronność. Są tam pokazane przede wszystkim sukcesy tej dyscypliny. Nie znajdujemy odniesień ekologii do problemów ekonomicznych czy demograficznych. Wskutek dużego opóźnienia w ukazaniu się polskiego wydania niektóre szczegółowe wiadomości stały się nieaktualne. Dotyczy to na przykład opisów zachowań terytorialnych ptaków czy zwyczajów łowieckich wilków. Pewne ograniczenie zakresu zagadnień jest jednak naturalną konsekwencją przyjętej formy, czyli zbioru esejów. Natomiast bardzo cenne jest usiłowanie autora by rozpatrywanym zagadnieniem nadać jednolity kształt teoretyczny i wykazać tym samym potrzebę stosowania darwinizmu w ekologii.

W Polsce znanych jest kilka podręczników ekologicznych. Lepiej lub gorzej próbują one zaznaczyć adekwatność ekologii z jej podstawowymi zagadnieniami. Wydaje się, że wzrasta także w społeczeństwie świadomość wagi problemów związanych z wykorzystaniem i ochroną naturalnych zasobów. Bardzo brakuje pozycji, które ekologię ukazywałyby jako naukę i czyniły to w sposób zajmujący a przy tym przystępny. Książka Colinvauxa spełnia tę rolę znakomicie. Przeczytać ją mogą oczywiście również zawodowi ekologowie. Oby podzielić przekonanie autora, że ekologia powinna stawiać pytania rozpoczynające się słowem „dlaczego?”

Ryszard Korona

I. I. Ducl: *Sud'ba fantastycznej gipotezy*. Wyd. Znaniye, Moskwa 1985, str. 192

Prezentowana książka zasługuje ze wszech miar na uwagę. Przede wszystkim dlatego, że stoi na pograniczu literatury naukowej i literatury pięknej. Jest to książka o powstaniu teorii Wegenera, jej rozwoju, upadku i wskrzeszeniu we współczesnych teoriach mobilistycznych. Jest to zarazem książka poświęcona życiu i działalności naukowej Alfreda Wegenera — autora hipotezy dryftu kontynentów.

Autorem książki nie jest bynajmniej geolog lecz dziennikarz i pisarz, człowiek o bardzo ciekawej biografii, piszący od 1960 r. Pracował jako marynarz na małym kutrze rybackim, potem jako pierwszy oficer na dużym trawlerze-chłodni. Dwukrotnie pokonał północną drogę morską, uczestniczył w długich rejsach oceanograficznych na Pacyfiku i Atlantyku. Jego artykuły i powieści o rybakach, marynarzach i uczonych badających Ocean Światowy drukowało wiele radzieckich gazet. Jest autorem siedmiu książek o charakterze dokumentalnym. Prezentowana książka jest ósmą w jego dorobku.

Zdumiewające, jak człowiek nie mający nic wspólnego z geologią potrafił zafascynować czytelnika osobą Alfreda Wegenera i jego ideą wędrówki kontynentów. Nie pierwszy to jednak przypadek, kiedy znakomitą książkę z jakiejś dziedziny pisze osoba nie związana z nią na co dzień w pracy zawodowej.

Nie bez przyczyny autor opatrzył swą książkę tytułem *Losy fantastycznej hipotezy*. Miał do tego pełne prawo. Zdziwiająco były bowiem koleje losu hipotezy, która niemal o pół wieku wyprzedziła współczesne sobie czasy.

Podstawy teorii wędrówki kontynentów zostały sformułowane w artykułach F. Taylora i A. Wegenera w latach 1910—1912. Później w latach 1915—1929 A. Wegener oparł ją na tak solidnych podstawach, że

została przyjęta przez wielu wybitnych geologów — E. Arganda, R. Stauba, A. Du Toita i innych.

Jednakże najwybitniejsi geofizycy owych czasów, oszacowawszy wielkość sił, które miały powodować wędrowną kontynentów, doszli do wniosku, że hipoteza Wegenera jest błędna w samym swym założeniu, tzn., że siły uznane przez Wegenera za motor dryftu, są zbyt małe by mogły go wywołać. H. Jeffreys, wielki autorytet w dziedzinie geofizyki, uznał hipotezę Wegenera za nieudokumentowaną. Przeciwno niej wypowiedział się znany geofizyk B. Gutenberg.

Historia nauki zna wiele przykładów, kiedy uczeni dążący do odrzucenia jakiejś naukowej idei zmuszeni byli w końcu do przyjęcia jej pod presją faktów. To samo stało się właśnie z ideą dryftu kontynentów. Właśnie geofizycy przedstawili ostateczne argumenty na jej korzyść. Jednym z głównych argumentów były wyniki badań paleomagnetycznych. Jeszcze w 1926 r. stwierdzono, że skały Australii o wieku 250 mln lat, powstały w polu magnetycznym charakterystycznym dla bieguna południowego. W latach późniejszych, badając paleomagnetyzm skał różnego wieku i różnych kontynentów, odtworzono położenie kontynen-

tów w rozmaitych epokach geologicznych i uzyskano rezultaty niemal całkowicie zbieżne z rekonstrukcjami Alfreda Wegenera.

Paleomagnetyzm dał również odpowiedź na pytanie o mechanizm dryftu kontynentów. Okazało się, że poruszają się nie same kontynenty, lecz całe płyty skorupy ziemskiej, których kontynenty są tylko częścią. W latach 70. została ostatecznie sformułowana teoria tektoniki płyt, zawierająca niemal wszystkie idee Wegenera oprócz mechanizmu dryftu, którym okazały się prądy konwekcyjne w płaszczu Ziemi. Oczywiście, wiele jest jeszcze niejasności, ale nie ma powodów by wątpić, że podstawa idei Wegenera została na zawsze potwierdzona we współczesnej nauce.

Książkę powyższą można polecić wszystkim, którzy interesują się geologią, geografiami, geofizyką zarówno profesjonalistom, jak i szerokiemu kręgowi osób, interesujących się historią naszej planety, a także historią nauki. Jest to jedna z najlepszych książek prezentujących zawsze żywą ideę Alfreda Wegenera.

W. Mizerski

KRONIKA

Kongres astronomiczny w Indiach

Astronomia wciąż jeszcze należy do tych dziedzin wiedzy, w przypadku których organizowane są ogólnoświatowe kongresy dla przedstawienia przekroju wszystkich ważniejszych tematów badawczych. Zaletą takich kongresów jest możliwość zapoznania się z kierunkami badań w poszczególnych działach astronomii, a także okazja do spotkań naukowców reprezentujących często bardzo odległe gałęzie wiedzy astronomicznej. Kontakty te prowadzą do podejmowania tematów leżących na pograniczu różnych dziedzin astronomii i do nawiązania współpracy pomiędzy ośrodkami, prowadzącymi badania podobnych obiektów lecz innymi metodami.

Światowe kongresy astronomiczne odbywają się pod auspicjami Międzynarodowej Unii Astronomicznej, organizacji zrzeszającej profesjonalnych astronomów. Międzynarodowa Unia Astronomiczna powstała w 1919 roku i począwszy od 1922 roku jest organizatorem odbywających się co trzy lata kongresów, z których ostatni, w oficjalnej numeracji dziewiętnasty, odbył się w dniach 19—28 listopada 1985 w Delhi. Stolica Indii nie przypadkowo została wybrana na miejsce kolejnego spotkania astronomów z całego świata. Naukowcy indyjscy wnieśli znaczny wkład w rozwój astronomii i fizyki. Wystarczy wymienić choćby takie nazwiska jak M. Saha (1893—1956), absolwent uniwersytetu w Kalkucie, twórca teorii jonizacji gazów, Ch. Raman (1888—1970), odkrywca nowego zjawiska rozpraszania światła przez cząsteczki, nazwanego zjawiskiem Ramana, laureat nagrody Nobla w 1930 roku, S. Chandrasekhar (ur. 1910), astrofizyk, absolwent Uniwersytetu w Madras (od 1936 r. przebywający w Stanach Zjednoczonych), specjalista z dziedziny wewnętrznej budowy gwiazd, laureat nagrody Nobla w 1983 r., czy wreszcie M. K. V. Bappu (1927—1982) astrofizyk, prezydent Międzynarodowej Unii Astronomicznej w latach 1979—1982.

Właśnie dzięki staraniom profesora Bappu, Indyjska Akademia Nauk wystąpiła do Międzynarodowej Unii Astronomicznej z propozycją zorganizowania kolejnego kongresu w Delhi. Decyzja Indyjskiej Akademii Nauk spotkała się z pełną aprobatą rządu Indii, który w tak dużej imprezie naukowej widział szanse jeszcze większego włączenia się tego kraju w światowy nurt badań naukowych.

XIX Kongres Międzynarodowej Unii Astronomicznej zgromadził łącznie około 1100 uczestników, co nie

jest liczbą małą, biorąc pod uwagę znaczne oddalenie Indii od Europy, Ameryki i Australii. Oprócz licznej reprezentacji naukowców indyjskich (286 osób) najwięcej uczestników przybyło ze Stanów Zjednoczonych (238 osób) i Francji (63 osoby). Stosunkowo dużą grupę stanowili Chińczycy (57 osób), którzy chcą, jak się wydaje, w szybkim tempie nadrobić kilkuletni brak kontaktu z nauką światową. Z Polski przybyło 9 osób. W Kongresie wzięli udział reprezentanci 53 państw.

Na kongresach Unii ustalili się pewien tradycyjny schemat organizacyjny. W pierwszym i ostatnim dniu Kongresu odbywają się sesje plenarne z udziałem wszystkich uczestników dla podsumowania minionej kadencji władz Unii, omówienia spraw finansowych, zatwierdzenia listy nowych członków Unii a także dla dokonania wyboru nowych władz. Pozostałe dni Kongresu wypełniają bardzo liczne posiedzenia naukowe, w tym wykłady przeglądowe, wspólne dyskusje oraz zebrania komisji, wchodzących w skład Unii.

Wykłady przeglądowe wzbudzają szczególnie duże zainteresowanie. Odbywają się w godzinach wieczornych, po zakończeniu wszystkich innych posiedzeń. Zaproszenie do wygłoszenia takiego wykładu zaliczane jest do najwyższych wyróżnień naukowych. Tematyka trzech wykładów przeglądowych na Kongresie w Delhi obejmowała pulsary, planetę Wenus i ciemną materię we Wszechświecie.

Aktualny stan wiedzy o pulsarach, czyli gwiazdach neutronowych przedstawił prof. V. Radhakrishnan, dyrektor Instytutu Ramana w Bangalore. Od chwili odkrycia pulsarów (1967) minęło już niemal 20 lat i nagromadzone spory materiał obserwacyjny dla około 300 obiektów tego typu. Szczególnie dużo informacji o pulsarach uzyskuje się na drodze radiowej. Najnowsze wyniki badań wskazują, że pulsary mogą być składnikami układów podwójnych gwiazd.

Drugi z wykładów, dotyczący planety Wenus, został przygotowany przez prof. R. Z. Sagdiejewa ze Związku Radzieckiego, a wygłoszony przez prof. Alę G. Masewicz (profesor Sagdiejew nie mógł przybyć do Indii, gdyż w tym czasie brał udział w charakterze eksperta w rokowaniach genewskich). W wykładzie podano przegląd dotychczasowych wyników badań najbliższej nam planety układu słonecznego. Wiedza o Wenus jeszcze 15 lat temu była bardzo fragmentaryczna i dopiero obserwacje prowadzone przez sondy międzyplanetarne z serii „Wenera”, „Mariner”, „Pioneer Venus” oraz „Wega” przyniosły lawinę in-

formacji o warunkach panujących w atmosferze Wenus i na jej powierzchni.

Trzeci wykład wygłosiła prof. Vera Rubin ze Stanów Zjednoczonych, podejmując niezmiernie interesujący temat niewidocznej materii we Wszczęświecie. Jak wiadomo, w naszej Galaktyce i innych galaktykach obserwuje się znaczne ilości świecącej materii międzygwiazdowej, m. in. w formie jasnych obłoków gazowo-pyłowych. Na drodze pośredniej stwierdzamy też obecność ciemnych obłoków materii. Okazuje się jednak, że znaczna część materii umyka naszym bezpośrednim obserwacjom. Prawdopodobnie niewidoczna materia skupiona jest na peryferiach galaktyk, a także w przestrzeni międzygalaktycznej. Według pewnych hipotez, ogólna masa obserwowanej części Wszczęświata może być nawet dziesięciokrotnie większa od przyjmowanej obecnie. Gdyby rzeczywiście tak było, należałoby zrewidować wiele dotychczasowych poglądów kosmologicznych.

Na Kongresie w Delhi zorganizowano aż siedem wspólnych dyskusji. Tego typu posiedzenia naukowe przyciągają liczne grono słuchaczy, reprezentujących różne dziedziny astronomii. Omawiano następujące tematy: astronomiczne układy odniesienia, długookresowe gwiazdy zmienne zaćmieniowe, nieradialne oscylacje gwiazd, radioastronomię i kosmologię, aktywność gwiazd wraz z ich rotacją i polem magnetycznym, ewolucję młodych populacji w galaktykach oraz gwiazdy supernowe. Szczególnie dużo osób zgromadziła wspólna dyskusja na tematy radioastronomiczne i kosmologiczne. W trakcie czterech półtoragodzinnych sesji przedstawiono liczne referaty dotyczące m. in. ewolucji radioźródeł i promieniowania tła.

Najwięcej czasu w trakcie kongresów Unii zajmują posiedzenia komisji naukowych, których aktualnie w ramach Międzynarodowej Unii Astronomicznej pracuje czterdzieści. Każda z komisji odbywa przynajmniej kilka (niektóre nawet kilkanaście) spotkań, gdzie w stosunkowo wąskim gronie specjalistów przedstawiane są wyniki najnowszych badań naukowych, dyskutowane aktualne i przyszłe programy obserwacji, a także załatwiane są różne sprawy formalne i organizacyjne, w tym wybory nowych władz poszczególnych komisji. Tematyka prac komisji obejmuje pełny wachlarz zagadnień współczesnej astronomii, począwszy od fizyki i ruchu planet aż po radioastronomię i kosmologię. W łonie Międzynarodowej Unii Astronomicznej pracują również: komisja historii astronomii, komisja nauczania astronomii, a nawet komisja zajmująca się zagadnieniami życia pozaziemskiego.

Z wyjątkiem wykładów przeglądowych, wszystkie zajęcia tzn. obrady komisji i wspólne dyskusje odbywają się równocześnie, niekiedy nawet w kilkunastu miejscach. Zmusza to uczestników do ciągłego wyboru najbardziej interesującego posiedzenia.

Oprócz bardzo bogatego programu naukowego, organizatorzy XIX Kongresu Międzynarodowej Unii Astronomicznej postarali się o wypełnienie nielicznych wolnych chwil interesującymi imprezami kulturalnymi i wycieczkami. Między innymi można było podziwiać tańce indyjskie, wysłuchać koncertu muzyki indyjskiej, a także wziąć udział w wycieczce do Agry, gdzie znajduje się jeden z najwspanialszych zabytków architektury światowej — słynne mauzoleum Tadž Mahal. Dla uczestników Kongresu zorganizowano również zwiedzanie starego i nowego Delhi wraz z imprezą „światło i dźwięk” w Czerwonym Fortcie, miejscu ogłoszenia niepodległości Indii.

Jednym z ostatnich punktów drugiej sesji plenarnej, kończącej obrady Kongresu, były wybory nowych władz Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Kolejnym prezydentem Unii na okres najbliższych trzech lat został profesor J. Sahade z Argentyny, natomiast sekretarzem generalnym dr J. P. Swings z Belgii. Troje polskich uczonych zostało wybranych przewodniczącymi komisji: prof. dr hab. J. Smak — komisji 42 (czasne układy podwójne), dr C. Iwaniszewska — komisji 46 (nauczanie astronomii), prof. dr hab. S. Grzedziński — komisji 49 (plazma międzyplanetarna i heliosfera).

Kolejny kongres Międzynarodowej Unii Astrono-

micznej odbędzie się w sierpniu 1988 roku w Baltimore w Stanach Zjednoczonych.

Jerzy M. Kreiner

Otwarcie wystawy *Ewolucja na lądach* w Warszawie

W salach warszawskiego Pałacu Młodzieży otwarta została w dn. 27 listopada 1985 r. wystawa pt. *Ewolucja życia na lądach*. Wystawa prezentuje część dorobku muzealnego Zakładu Paleobiologii PAN i Instytutu Zoologicznego PAN, który wydobyty z wątpliwej jakości magazynów może służyć pięknemu i pożytecznemu celowi upowszechniania kultury przyrodniczej w naszym społeczeństwie. Okazy eksponowane na wystawie pochodzą w większości ze zbiorów Polsko-Mongolskich Ekspedycji na Pustynię Gobi w latach 1963—71, a częściowo uzyskane zostały drogą wymiany odlewów szkieletów gobijskich, wykonanych w Zakładzie Paleobiologii PAN, na materiały pochodzące z rozmaitych muzeów Historii Naturalnej na świecie. Okazy zwierząt współczesnych: owadów, ptaków, ssaków i gadów, użyte do ekspozycji, należą do Instytutu Zoologicznego PAN w Warszawie. Pochodzą one z kolekcji zainicjowanych na początku XIX w. przez zbiory Gabinetu Zoologicznego Uniwersytetu Warszawskiego i prywatne Muzeum Branickich, które uzupełniane przez cały wiek XIX miały stać się zawiązkiem kolekcji Narodowego Muzeum Przyrodniczego. Niestety, przeważająca część tych kolekcji zalega dotąd magazyny Instytutu Zoologicznego PAN w Łomnej.

Salę wystawową o powierzchni zaledwie 600 m², wraz z dodatkową salą ok. 100 m² poświęconą ewolucji życia w morzu, wynajmowane były od roku 1960 przez Instytut Zoologiczny PAN, a następnie przez Pracownię Muzeum Ewolucji Ogrodu Botanicznego PAN. Stanowią one dotąd jedyną powierzchnię muzealną, jaką dysponuje ta instytucja utworzona w roku 1974 jako zawiązek muzeum przyrodniczego, które miało stać się w naszym kraju centralną placówką upowszechniającą wiedzę o ewolucji. Kilkunastoletnia historia Muzeum Ewolucji jest zarazem historią starań o stosowne do jej przeznaczenia i aspiracji pomieszczenie. Nadzieje na własny gmach, który spodziewano się ujrzyć w planach inwestycyjnych Ogrodu Botanicznego PAN w Powsinie na lata osiemdziesiąte, nie spełniły się, podobnie jak zawiodły starania o Zamek Ujazdowski i o inne obiekty. Ten stan rzeczy spowodował zrozumięcia nastrój zawodu i zniechęcenia w środowisku przyrodników bliskich idei Narodowego Muzeum Przyrodniczego.

W tej atmosferze, a także w trudnej sytuacji finansowej nauki polskiej, podjęcie pracy nad wystawą ilustrującą tak olbrzymie zagadnienie, jak ewolucja życia na lądzie, na tak małej powierzchni i tak małymi środkami, wymagało wielkiej odwagi, świadomości ogromnego znaczenia tego zamierzenia dla kultury narodowej i wiary w możliwość jego wykonania wbrew wszelkim trudnościom, a następnie olbrzymiego nakładu pracy intelektualnej i fizycznej.

Zadanie to podjął Zakład Paleobiologii PAN we współpracy z Ogrodem Botanicznym PAN, który prace finansował. Jednak personalnie zadania podjęła się prof. Zofia Kielan-Jaworowska, inicjatorka prac i autorka scenariusza wystawy, która przez cały czas trwania robót kierowała niewielkim zespołem pracowników technicznych i naukowych Zakładu Paleobiologii PAN oraz Pracowni Muzeum Ewolucji Ogrodu Botanicznego. Prof. Z. Kielan-Jaworowska przekazała kierowanemu przez siebie zespołowi swój entuzjazm dla przedmiotu wystawy, wprowadziła atmosferę szacunku dla dobrej roboty, wydobyła z ludzi dotąd nieujawnione i niewykorzystane talenty i umiejętności, wreszcie narzuciła tempo, które doprowadziło do zamknięcia prac w zadziwiająco krótkim czasie 12 miesięcy (od listopada 1984 do listopada 1985 r.).

Wystawa nie korzystała z usług architekta ani nie zatrudniała plastyków z zewnątrz i nie ponosiła

związanych z tym kosztów. Cała nadzwyczaj udana oprawa plastyczna, łącznie projekty i wykonanie, jest dziełem tego samego zespołu. Do prac wykorzystano materiały wtórne z magazynu poprzedniej wystawy. Nie zamawiano nowych gablot lecz wykorzystano stare, uzyskując w ten sposób znaczne oszczędności w kosztach. Pięć rekonstrukcji dinozaurów i jedna gada latającego, wykonanych przez W. Skarżyńskiego i M. Maliszewską, podnosi walory estetyczne i dydaktyczne wystawy.

Selekcja eksponatów i przykrawanie objaśniających tekstów do skąpych rozmiarów gablot były pracą zniechęcającą i trudną. W rezultacie powstał ekstrakt historii życia na lądzie z wypunktowaniem ważniejszych momentów tej historii, zwłaszcza historii kregowców, bogato ilustrowany okazami kopalnymi i współczesnymi. W całości sprawia on wrażenie pełnego i harmonijnego przewodnika po dziejach organizmów lądowych, nasuwa jednak refleksję na temat strat, jakie zainteresowany widz ponosić będzie w związku ze szczupłością powierzchni ekspozycyjnej.

Podobnie jak większość muzeów historii naturalnej na świecie, wystawa „Ewolucja na lądach” ilustruje efekty procesu ewolucyjnego, nie zaś mechanizm ewolucji. Ukazane przez formy współczesne różnicowanie grup zwierzęcych, takich, jak ptaki, ssaki i owady nie implikuje samo przez się istnienia procesu ewolucyjnego, stanowiąc jedynie uzupełnienie ewolucyjnych treści zawartych w pozostałych częściach wystawy. Wyjątkowa piękność tych eksponatów działa jednak na wyobraźnię widza, wzbudzając naturalną ciekawość co do przyczyn takiego różnicowania. Odpowiedzi na to pytanie można udzielić na różnych poziomach szczegółowości. Charakterystyka podłoża genetycznego zmienności, procesów specjacji, doboru naturalnego, a także problemy tempa ewolucji i wielkości elementarnych zmian ewolucyjnych, a więc wszystko, co dotyczy źródeł zmienności osobniczej i mechanizmu potęgowania się w czasie różnic pomiędzy organizmami, znajduje się poza zasięgiem możliwości wystawienniczych sal Pałacu Młodzieży, nie może więc stanowić podstawy do wyjaśnienia różnorodności zwierząt i roślin. Stosownie do paleontologicznego charakteru większości eksponatów i olbrzymiej skali czasu jaka jest w nim zawarta, wizja ewolucji na tej wystawie ma charakter zdjęcia lotniczego z olbrzymiego obszaru 400 mln lat życia na lądzie. W tej skali ewolucję łatwiej pokazać, niż wytłumaczyć jej mechanizm. Rolę przekonywającego dowodu istnienia historycznego procesu ewolucji i wzajemnego pokrewieństwa organizmów mają spełniać sekwencje ogniwi pośrednich, wiążące ze sobą odległe w czasie i różniące się od siebie organizmy. Różnicowanie organizmów, zarówno w czasie jak i w przestrzeni, jest wynikiem tego procesu — oto odpowiedź na pytanie o przyczynę zróżnicowania, którą daje wystawa.

Główny ładunek treści ewolucyjnych zawarty jest więc w drzewach rodowych. Niestety, tylko w jednym przypadku, ewolucji człowieka, udało się taką sekwencję w sposób całkowicie przekonujący przedstawić. Dwie tego przyczyny: specjalne stanowisko Hominidae w świecie zwierząt i niesłychanie krótka, ok. 2 mln lat. trwająca, historia rodzaju *Homo*, pozwalają na wyjątkowo szczegółowe przedstawienie tej linii filogenetycznej. Inne drzewa filogenetyczne przedstawione na wystawie, a więc drzewo rodowe gadów, drzewa rodowe dinozaurów i roślin lądowych i schemat radiacji trzeciorzędowej ssaków, mają bez porównania większy stopień ogólności. Są one podsumowaniem aktualnego stanu wiedzy na temat pokrewieństw i następstwa w czasie grup zwierzęcych i roślinnych. Pozwalają na odnalezienie miejsca każdego z wystawionych okazów w historii rodowej organizmów żywych i ułatwiają spojrzenie na nie, jako na ogniwa łańcucha ewolucyjnego.

Drugim, pozahistorycznym aspektem procesu ewolucyjnego, który słusznie został wyeksponowany na wystawie, jest jego adaptacyjny charakter. Wprowadza on element racjonalizmu do świadomości widza, podziwiającego odtworzone przez paleontologów drzewa rodowe. Wszystkie kluczowe wydarzenia historii



Otwarcie wystawy *Ewolucja na lądach*. Prof. Zofia Kielan-Jaworowska (pierwsza z lewej) wraz z zespołem wykonawców wystawy. Fot. T. Płodowski.

zwierząt lądowych zostały przedstawione w kategoriach adaptacji. Wyjście kregowców na ląd, pomieszczone w jednej gablocie z informacjami o różnicowaniu się gromady płazów, zawiera skondensowane dane na temat wymogów środowiska lądowego względem pokrycia ciała, sposobu oddychania i własności podporowo-ności szkieletu zwierząt, którym przyszło w nim żyć.

Fascynujący proces stawania się ssakiem rozpoczęty przez gady 280 mln lat temu i rozciągnięty w czasie na 80 mln lat, zaszyfrowany jest w pierwszej sali, a uzupełniony w następnej informacjami z dziedziny morfologii i tafonomii gadów ssakokształtnych i wczesnych ssaków (rozwój podniebienia wtórnego, zróżnicowanie uzębienia, ustawienie kończyn, pozycja spoczynkowa gadów ssakokształtnych, stowarzyszenie młodocianych i dorosłych okazów w stanie kopalnym). Materiał kopalny daje na tym odcinku filogenezy implikacje fizjologiczne na skalę rzadko spotykaną w paleontologii, dokumentując stopniowy rozwój stałości i doskonalenie się funkcji psychicznych, m. in. tych związanych z opieką nad potomstwem.

Zagadnienie opanowania środowiska powietrznego ilustruje porównanie różnych rozwiązań budowy kończyny lotnej u gadów latających, ptaków i ssaków, a także porównanie cech ptaka z cechami archeopteryksa i informacje o przypuszczalnej genezie lotu u ptaków.

Wreszcie rola postawy wyprostowanej w powstaniu linii człowiekowatych zaszyfrowana jest w części wystawy poświęconej nacelnym.

Odwaga z jaką zastosowano cięcia w materiale informacyjnym i stopień jego kondensacji może budzić podziw dla sztuki popularyzacyjnej autorki scenariusza. I chociaż skromność przestrzeni tej części wystawy jest uderzająca, optymista może znaleźć dobre strony w tak drastycznym zmniejszeniu dawki informacyjnej, która łatwiej będzie przyswojona przez nieprzygotowanego widza.

Z kolei pewne elementy anatomii porównawczej zawarte w wielu częściach wystawy (począwszy od gabloty z płazami, z wczesną radiacją gadów, z gadami latającymi, ssakami mezozoicznymi, a skończywszy na szkoleniowej anatomiczno-porównawczej tablicy znajdującej się na odwrocie gabloty z gadami morskimi) wprowadzają do świadomości zwiedzających pojęcie homologii, równoznaczne z pokrewieństwem i współbrzmienie z ideą ewolucji.

Stosunkowo najwięcej miejsca zajmują na wystawie okazy dinozaurów. Miejsce to należy się im nie tylko ze względu na rozmiary, lecz także na unikalność tego typu zbiorów w naszym kraju, a w niektórych przypadkach (np. dinozaur pancerny *Saichania*)

ich wyjątkowość na skalę światową. Znakomita większość okazów, z wyjątkiem małych drapieżnych *Compsognatus* i *Coelophys*, to materiały późnokredowe, częściowo mongolskie częściowo uzyskane z wymiany (jak np. *Parasaurolophus*), które jako równowikowe nie tworzą sekwencji ewolucyjnych, lecz mogą być wmontowane w drzewo rodowe tylko na podstawie informacji nieujawnionych na wystawie. Materiały te odgrywają różnorodną rolę. Informacja zawarta w tablicy stratygraficznej wiszącej w przedścionku wystawy, że świat organizmów żywych zmienił się w czasie (czytaj wskutek istnienia ewolucji) nabiera w salach dinozaurowych uderzającej oczywistości. Niezwykle zróżnicowanie tych zwierząt i ich inność w stosunku do zwierząt współczesnych uzupełnia wrażenia z kolekcji ptaków i owadów o wymiar czasu i przypomina o istnieniu problemu wymierania, na którego wspomnienie nie było już na wystawie miejsca.

Tak łatwo przyswojone w pierwszej sali wrażenie przystosowawczego charakteru procesu ewolucyjnego doznaje wstrząsu wobec niezwyklej dla nas budowy dinozaurów. Ta część wystawy nasuwa mnóstwo pytań: dlaczego tak olbrzymie rozmiary? Do czego służyły te wyrostki kostne, hełmy, grzebienie, kołnierze i czy w ogóle do czegoś służyły? Jak wyglądało zwierzę, którego straszne ręce wiszą w ostatniej sali? etc. Odpowiadając na nie w telegraficznym skrócie wystawa bynajmniej nie wyczerpuje tematu, lecz wzbudza w widzu niepokój intelektualny, który skłania, by sięgać do literatury, a o to przecież chodzi.

Niewielkie przestrzenie wolne wystawy wykorzystano na informacje uzupełniające, dotyczące sposobu tworzenia skamieniałości, sposobu ich wydobycia i historii wypraw mongolskich oraz informacje na temat paleogeografii — bardzo ważny element wiedzy paleontologicznej. Element ten zagrał bardzo dobrze w miejscu, w którym został umieszczony — koło gabloty torbaczy, gdzie wyjaśnia ich dysjunktywne rozprzestrzenienie.

Sprawa adekwatności prezentowanych na wystawie informacji względem współczesnego stanu wiedzy nie budzi zastrzeżeń, aczkolwiek wymaga pewnych wyjaśnień. Narzucony przez szczupłość miejsca poziom szczegółowości komentarza może u widza, bardziej zorientowanego w meritum, a mniej w problemach technicznych, wywołać wrażenie prześlizgnięcia się po temacie.

Problem rybich przodków czworonogów, których przynależność do ryb trzonopłetwych była w ostatnich latach kwestionowana, został przedstawiony z punktu widzenia wymaganych na lądzie cech anatomicznych, określonych drogą ekstrapolacji cech prymitywnych czworonogów raczej, niż drogą wyboru grupy przodków. Jest to ostrożny sposób postępowania, odpo-

wiadający nowoczesnej metodologii taksonomii filogenetycznej.

Strona systematyczna wystawy, odbijająca stan wiedzy o filogenezie, jest uaktualniona na podstawie najnowszej literatury. Największe innowacje wprowadzono w układzie systematycznym na granicy gromad płazów i gadów. Z gromady gadów wyeliminowano grupę *Cotylosauria*, która wraz z wieloma należącymi tu podgrupami została przesunięta do płazów. Rolę trzonu gadów pełnią obecnie *Captorhinomorpha*.

Pochodzenie dinozaurów, których monofiletyzmu bronią pewni autorzy (Galton, Bakker) przedstawione jest na drzewie rodowym w sali drugiej, jako nie rozwiązana triada *Sauropodomorpha*, *Theropoda* i *Ornithischia*. I w tym i w poprzednich przypadkach właściwe wydaje się bszczędzanie widzowi szczegółów nie rozstrzygniętych dyskusji naukowych.

Wątpliwości co do przynależności systematycznej *Archaeopteryx* nie zostały ujawnione. *Archaeopteryx* występuje w roli praptaka, co jest ustępstwem na rzecz dydaktyki. Nawet jeżeli jest on upierzonym dinozaurem drapieżnym z grupy *celurozaurów*, morfologicznie rzecz biorąc stanowi wspaniały przykład ognia przejściowego pomiędzy dwiema gromadami kręgowców. Przedstawiono natomiast alternatywne hipotezy powstania lotu, wg których praptak jest bądź formą nadrzewną, bądź, jak chce nowa teoria, naziemną.

Nie ulega wątpliwości, że każde z przedstawionych na tej wystawie zagadnień, a także te zasygnalizowane zaledwie, jak filogeneza lądowych stawnogów, niezwykle ciekawe zagadnienie powrotu kręgowców do środowiska wodnego czy też radiacja trzeciorzędowa ssaków, mogłoby ulec natychmiastowemu rozszerzeniu z korzyścią dla swych walorów oświatowych, gdyby starania o Narodowe Centrum Przyrodnicze przyniosły rezultat w postaci budynku muzealnego wyposażonego w sale ekspozycyjne o odpowiedniej kubaturze. Niemniej wystawa *Ewolucja na lądach* jest dużym wydarzeniem kulturalnym, nie mającym precedensu w polskim muzealnictwie przyrodniczym. Jest to dzieło nadzwyczaj udane treściowo i formalnie, zamykające w sobie ogromne bogactwo tematyczne, wielka szansa dla zainteresowanej problemami przyrodoznawstwa młodzieży szkolnej, pomoc dla studentów wyższych uczelni, a także kulturalna i rozwijająca światopoglądowo atrakcja dla wszystkich zwiedzających.

Magdalena Borsuk-Białynicka

Wystawa „Ewolucja na lądach“ jest wystawą stałą, otwartą w Pałacu Młodzieży w Warszawie (wejście od ul. Świętokrzyskiej), czynną codziennie z wyjątkiem poniedziałku, w godz. 9—16, w niedzielę 10—15.

- 15-089 Białystok, ul. Kilińskiego 1, Zakład Biologii Ogólnej AM
85-039 Bydgoszcz, Pl. Weyssenhoffa 11, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych
40-032 Katowice 2, ul. Jagiellońska 28, Instytut Botaniki, p. 104
25-518 Kielce, ul. Rewolucji Październikowej 33, WSP, Zakład Biologii
31-118 Kraków, ul. Podwale 1
20-090 Lublin, ul. Jaczewskiego 8, Zakład Patofizjologii AM
90-011 Łódź, Park Sienkiewicza
10-744 Olsztyn-Kortowo, Instytut Uprawy Roll i Roślin AR, Zakład Łąkarstwa, blok 17
61-777 Poznań, ul. Woźna 10, Pracownia Paleobotaniki IHKM PAN (dr Andrzej Dzięczkowski)
24-100 Puławy, Osada Pałacowa, Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa (dr Zygmunt Jakubczak)
35-010 Rzeszów, ul. Towarnickiego 1a, Instytut Kształcenia Nauczycieli
76-200 Słupsk, ul. Arciszewskiego 22b, Dziekanat Wydz. Matem-Przyr. WSN
71-550 Szczecin, ul. K. Królewicza 4
87-100 Toruń, ul. Gagarina 9, Instytut Biologii
00-901 Warszawa, Pałac Kultury i Nauki, piętro 19, pok. 16
50-328 Wrocław, ul. Kanonia 6/8, Instytut Botaniki U. Wr.
65-231 Zielona Góra, ul. Siemiradzkiego 19, Woj. Ośrodek Badań i Kontroll Środowiska (mgr Jerzy Mendaluk)

WSZECHŚWIAT

Rada Redakcyjna: Henryk Szarski (przewodniczący), Jerzy Vetulani (z-ca przewodniczącego), Stefan W. Alexandrowicz, Franciszek Górski, Aleksander Koj, Adam Kotarba, Halina Krzanowska, Adam Łomnicki, Jerzy Niewodniczański, Tadeusz Ruebenbauer, Eugeniusz Rybka, Adam Zając, Kazimierz Zarzycki

Komitet Redakcyjny: Jerzy Vetulani (redaktor naczelny), Halina Krzanowska (z-ca nac. red.), Stefan W. Alexandrowicz, Adam Zając, Urszula Batycka (sekretarz redakcji)

Adres Redakcji: Redakcja czasopisma Wszechświat, 31-118 Kraków, ul. Podwale 1. tel. 22-29-24.

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — ODDZIAŁ W KRAKOWIE, ul. SŁAWKOWSKA 41

Nakład 3273+127 egz. Format A4. Ark. wyd. 7,75; druk. 5½+2 wklejki, papier druk. 61×86, 71 g. kl. V i kreda b. kl. III
Cena zł 80,— Otrzymano do składania w maju 1986 r. Podpisano do druku w październiku 1986 r. Zamówienie nr 260/86

Druk ukończono w październiku 1986 r.

A-8

WARUNKI PRENUMERATY MIESIĘCZNIKA WSZECHŚWIAT

Cena prenumeraty:

kwartalnie zł 90,—

półrocznie zł 180,—

rocznie zł 360,—

Prenumeratę krajową przyjmują Oddziały RSW „Prasa-Książka-Ruch“ oraz urzędy pocztowe i doręczyciele w terminach:
do dnia 25 listopada br na I kwartał, I półrocze roku następnego i cały rok następny do 10 marca na II kwartał roku bieżącego do 10 czerwca na III kwartał i II półrocze roku bieżącego.

Jednostki gospodarki uspołecznionej, instytucje i organizacje społeczno-polityczne składają zamówienia w miejscowych Oddziałach RSW „Prasa-Książka-Ruch“ w miejscowościach zaś, w których nie ma oddziałów RSW, w urzędach pocztowych.

Czytelnicy indywidualni opłacają prenumeratę wyłącznie w urzędach pocztowych lub u doręczycieli.

Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę przyjmuje RSW „Prasa-Książka-Ruch“, Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, 00-958 Warszawa, ul. Towarowa 28, konto NBP XV OM Warszawa nr 1153-201045-139-11 w terminach podanych dla prenumeraty krajowej.

Prenumerata ze zleceniem wysyłki za granicę jest droższa od prenumeraty krajowej o 50% dla zleceniodawców indywidualnych i o 100% dla instytucji i zakładów pracy.

Bieżące i archiwalne numery można nabyć lub zamówić w księgarniach naukowych „Domu Książki“ oraz we Wzorcowni Wydawnictw Naukowych PAN—Ossolineum—PWN, 00-901 Warszawa, Pałac Kultury i Nauki (wysoki parter).

PRZEPISY DLA AUTORÓW

„Wszechświat“ jest pismem popularyzującym wiedzę przyrodniczą, przeznaczonym dla wszystkich przyrodników, zainteresowanych naukami przyrodniczymi, a zwłaszcza młodzieży licealnej i akademickiej.

„Wszechświat“ zamieszcza opracowania popularnonaukowe ze wszystkich dziedzin nauk przyrodniczych, ciekawe obserwacje przyrodnicze oraz fotografie i zaprasza do współpracy wszystkich chętnych.

Nadsyłane do „Wszechświata“ materiały są recenzowane przez redaktorów i specjalistów z odpowiednich dziedzin, o ich przyjęciu do druku lub odrzuceniu decyduje ostatecznie Komitet Redakcyjny. Początkującym autorom Komitet będzie niósł pomoc w opracowaniu materiałów lub wyjaśniał ewentualne powody nieprzyjęcia do druku publikacji.

„Wszechświat“ drukuje materiały w formie artykułów, drobiazgów przyrodniczych, różności, zdjęć na okładce lub wkładce kredowej, a także listów do Redakcji. „Wszechświat“ może także drukować recenzje z książek przyrodniczych.

Artykuły powinny stanowić oryginalne opracowania na przystępnym poziomie naukowym, napisane żywo i interesująco nawet dla laika; pożądane jest ilustrowanie artykułu interesującymi fotografiami, rycinami lub schematami, odradza się natomiast tabele. Artykuły nie powinny zawierać odnośników do piśmiennictwa. Jeżeli artykuł stanowi opracowanie pojedyncze artykułu naukowego, zamieszczonego w czasopiśmie obcojęzycznym, wymagane jest umieszczenie odnośnika źródłowego. Objętość artykułu winna wynosić 4–8 (9) stron maszynopisu.

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

Różności są krótkimi notatkami z bieżącego obcojęzycznego czasopiśmiennictwa naukowego o najwyższym standardzie światowym. Ich objętość wynosi od 0,3 do 1 strony maszynopisu. Obowiązuje podanie źródła (czasopismo, rok, tom, strona).

Listy do Redakcji mogą być różnego typu. Tu drukujemy m.in. uwagi co do artykułów i innych materiałów drukowanych we „Wszechświecie“. Redakcja zastrzega sobie prawo selekcji listów.

Recenzje z książek muszą być interesujące dla czytelnika, dostarczające mu nowych wiadomości. Objętość nie powinna przekraczać 2 stron maszynopisu.

Materiały wydrukowane są honorowane zgodnie z przepisami prawa autorskiego. Materiały powinny być przysyłane jako starannie wykonane maszynopisy (30 linijek na stronę, ok. 60 uderzeń na linijkę), z jedną kopią. Tabele należy pisać na osobnych stronach. Ryciny winny być numerowane i podpisane. Opis rycin na osobnym arkuszu. Przy artykułach autorzy winni podać dokładny adres, tytuł naukowy, stanowisko i nazwę zakładu pracy, oraz informacje, które chcieliby zamieścić w opracowanej przez Redakcję notce biograficznej.