

WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

Tom 95 Nr 3

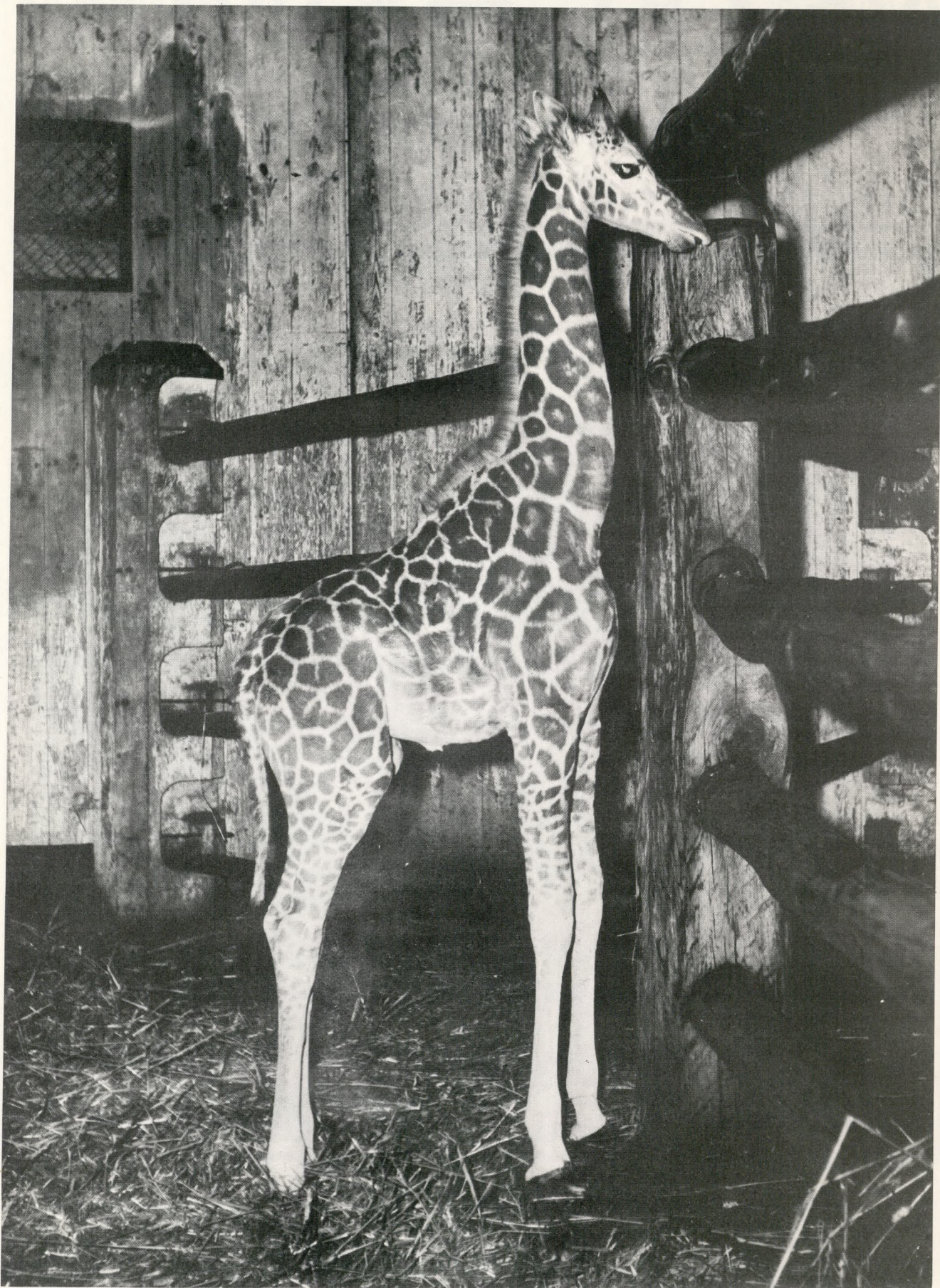
Marzec 1994



Morze Martwe

Kwiat na migrenę

Atak komety na Jowisza w czerwcu!



TRZYMIESIĘCZNE CIEŁĘ ŻYRAFY SOMALIJSKIEJ *Giraffa camelopardalis* urodzone we wrocławskim zoo.
Fot. W. Strojny

Zalecono do bibliotek nauczycielskich i licealnych pismem Ministra Oświaty nr IV/Oc-2734/47

Wydano z pomocą finansową Komitetu Badań Naukowych

Treść zeszytu 3 (2363)

I. Dynowska, Przemiany stosunków wodnych w Polsce	59
H. Szarski, Niektóre konsekwencje rozwoju nauk biologicznych	61
P. Migoń, Ryft Morza Martwego	63
G. Jackowski, Zrozumieć fotosyntezę	67
W. Kisiel, Złocień maruna i migrena	73
W. S. Ostrowski, Marceli Nencki. Wspomnienie o życiu i dziele na 75-lecie utworzenia Instytutu Biologii Doświadczalnej PAN	74
Drobiazgi	
Helikalne nieporozumienie (J. L. Mokrosz, A. J. Bojarski)	78
Niedotykalskie rośliny (H. i J. Śpitalniakowie)	80
Wszecławiat przed 100 laty (oprac. JGV)	81
Rozmaitości	83
Recenzje	
R. Andrzejewski i M. Baranowski (red.): Stan środowiska w Polsce (W. Mizerski)	84
B. S. Jermakow: Lesnyje rastienija w waszem sadu (E. Kośmicki)	84

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

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

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

PRZEPISY DLA AUTORÓW

1. Wstęp

Wszechświat jest pismem upowszechniającym wiedzę przyrodniczą, przeznaczonym dla wszystkich interesujących się postępowaniem nauk przyrodniczych, 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. *Wszechświat* nie jest jednak czasopismem zamieszczającym oryginalne doświadczalne prace naukowe.

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

2. Typy prac

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

Artykuły powinny stanowić oryginalne opracowania na przystępnym poziomie naukowym, napisane żywo i interesująco również dla laika. Nie mogą ograniczać się do wiedzy podręcznikowej. Pożądane jest ilustrowanie artykułu fotografiami, rycinami kreskowymi lub schematami. Odradza się stosowanie tabel, zwłaszcza jeżeli mogą być przedstawione jako wykres. W artykułach i innych rodzajach materiałów nie umieszcza się w tekście odnośników do piśmiennictwa, nawet w formie: (Autor, rok), z wyjątkiem odnośników do prac publikowanych we wcześniejszych numerach *Wszechświata* (w formie: „patrz *Wszechświat* rok, tom, strona”).

Obowiązuje natomiast podanie źródła przedrukowywanej lub przerysowanej tabeli bądź ilustracji oraz — w przypadku opracowania opierającego się na pojedynczym artykule w innym czasopiśmie — odnośnika dotyczącego całego źródła. Przy przygotowywaniu artykułów rocznicowych należy pamiętać, że nie mogą się one, ze względu na cykl wydawniczy, ukazać wcześniej niż 4 miesiące po ich złożeniu do Redakcji.

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

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

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

Rozmaitości są krótkimi notatkami omawiającymi najciekawsze prace ukazujące się w międzynarodowych czasopismach przyrodniczych o najwyższym standardzie. Nie mogą one być tłumaczeniami, ale powinny być oryginalnymi opracowaniami. Ich objętość wynosi 0.3 do 1 strony maszynopisu. Obowiązuje podanie źródła (skrót tytułu czasopisma, rok, tom: strona).

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

Kronika drukuje krótkie (do 1.5 strony) notatki o ciekawszych sympozjach, konferencjach itd. Nie jest to kronika towarzyska i dlatego prosimy nie robić wyliczanki autorów i referatów, pomijać tytuły naukowe i nie rozwodzić się nad ceremoniami otwarcia, a raczej powiadomić czytelnika, co ciekawego wyszło z omawianej imprezy.

Listy do Redakcji mogą być różnego typu. Tu drukujemy m. in. uwagi dotyczące artykułów i innych materiałów drukowanych we *Wszechświecie*. Objętość listu nie powinna przekraczać 1.5 strony maszynopisu. Redakcja zastrzega sobie prawo selekcji listów i ich edytowania.

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

3. Forma nadsyłanych materiałów

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

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

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

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

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

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

4. Honoraria

Opublikowane prace są honorowane zgodnie z aktualnymi stawkami Wydawnictwa. Ponadto autor otrzymuje bezpłatnie jeden egzemplarz *Wszechświata* z wydrukowanym materiałem.



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

TOM 95
ROK 113

MARZEC 1994

ZESZYT 3
(2363)

IRENA DYNOWSKA (Kraków)

PRZEMIANY STOSUNKÓW WODNYCH W POLSCE*

Woda jest niezastąpionym surowcem; jest niezbędna do życia. Mieliśmy jej w Polsce przez wieki pod dostatkiem. Jednak wraz z rozwojem cywilizacyjnym i gospodarczym zapotrzebowanie na wodę stale rośnie.

Ważnymi zagadnieniami współczesnej hydrologii są: ocena tendencji zmian, ocena zmian jezior i wód podziemnych, ocena wpływu gospodarczej działalności na stosunki wodne oraz zmiany jakości wód powierzchniowych i podziemnych.

O zasobach wodnych tak powierzchniowych, jak i podziemnych decyduje głównie wielkość opadów i parowania. Współczesne globalne zmiany klimatu są w pewnym stopniu procesem naturalnym, a w pewnym spowodowane wzrastającą ingerencją człowieka w środowisko przyrodnicze.

Na podstawie analizy rocznych opadów w Polsce w latach 1901-1980 stwierdzono nieznaczną tendencję do ich zwiększenia, przeciętnie o 1,6 mm/100 lat. Rosnący trend opadów daje się zauważyć głównie w okresie zimowym. Wzrost ten jest spowodowany większym niż w okresie letnim zapyleniem, a więc wzrostem liczby jąder kondensacji i dwutlenku węgla w atmosferze, które wpływają na wzrost opadów, zwłaszcza śniegu. Wzrost opadów w okresie zimowym należałoby przypisać gospodarczej działalności. W odniesieniu do średnich rocznych opadów natomiast składnik antropogeniczny należy uznać za znikomy.

Parowanie zależy głównie od temperatury powietrza. Panuje pogląd, że w skali globalnej, wskutek zwiększenia się w atmosferze zawartości różnych gazów, zwłaszcza dwutlenku węgla, wzrasta temperatura powietrza (efekt cieplarniany). Ocenia

się, że wzrost ten w Polsce jest bardzo mały, zaledwie ok. $0,1^{\circ}\text{C}/100$ lat. Ten stosunkowo nieznaczny wzrost średniej rocznej temperatury powietrza wynika prawdopodobnie z przeciwnego oddziaływania czynników antropogenicznych: w ziemie efekt cieplarniany, a w lecie znaczna absorpcja promieniowania słonecznego wskutek zapylenia. W wyniku nieznacznego wzrostu temperatury powietrza można się więc spodziewać tylko niewielkiego wzrostu parowania.

Zarówno opad (przychód w bilansie wodnym), jak i parowanie (roczód) wykazują bardzo nieznaczne tendencje wzrostu. Oddziaływanie na odpływ jest więc przeciwstawne.

Zmiany wielkości odpływu podlegają, podobnie jak zmiany opadów, fluktuacjom. Zgodnie z ostatnio przeprowadzoną oceną przez M. Gutry-Korycką i J. Boryczkę odpływ ma tendencję do wzrostu. Przyrost przepływu w ciągu 100 lat wynosi dla Wisły $38\text{ m}^3/\text{s}$ (przy czym średni przepływ wynosi $1000\text{ m}^3/\text{s}$), a dla Odry aż $49\text{ m}^3/\text{s}$ (przy czym średni przepływ jest o połowę mniejszy niż Wisły i wynosi $504\text{ m}^3/\text{s}$). Znaczna jest według obu autorów składowa antropogeniczna.

Ocenia tendencji zmian opadów, parowania i odpływu i wynikająca z tych tendencji prognoza może budzić wiele wątpliwości, bowiem ciągi obserwacyjne są bardzo krótkie i nie ma pewności, czy dane obserwacyjne są homogeniczne, czyli jednorodne, i czy wobec tego rozpoznane tendencje można ekstrapolować na czas przyszły.

Wpływ gospodarczej działalności na wielkość odpływu może być dwukierunkowy. Zmniejszanie odpływu jest spowodowane wzrastającym zapotrzebowaniem na wodę w celach konsumpcyjnych i produkcyjnych. Zwiększenie odpływu następuje natomiast wskutek zrzutów wód kopalnianych, choć w przyszłości, w wyniku przewidywanego wyłączenia niektórych

* Wykład wygłoszony na posiedzeniu wydziałów Przyrodniczego, Matematyczno-Fizyczno-Chemicznego i Lekarskiego Polskiej Akademii Umiejętności w dniu 15 czerwca 1993 r.

kopalń z eksploatacji, zmniejszy się dopływ tego typu wód do cieków.

Wrażliwymi elementami środowiska geograficznego, szybko reagującymi na zmiany warunków naturalnych i na działalność człowieka, są jeziora i mokradła.

Poziom zwierciadła wody w jeziorach zależał w przeszłości głównie od zmian klimatycznych. Śladami wyższego niegdyś poziomu wody są osady oraz terasy i wały brzegowe występujące powyżej współczesnego zwierciadła. Współczesne cykliczne zmiany zwierciadła wód jeziornych powtarzające się co kilkanaście lat były wprawdzie spowodowane fluktuacjami klimatycznymi, jednak ogólna tendencja do obniżania się poziomu jezior w okresie 1840-1965 była spowodowana głównie działalnością gospodarczą.

Głównymi naturalnymi przyczynami zaniku jezior jest ich zarastanie, zasypywanie i spływanie wody. Do tych naturalnych czynników doszły antropogeniczne, polegające na odwodnieniu, działalności rolniczej przyspieszającej zasypywanie niecek, a ostatnio wzrost eutrofizacji wód, powodujący szybszy przyrost masy organicznej. O zmniejszeniu się objętości mis może świadczyć miąższość osadów dennych, które średnio wynoszą 5-7 m, a maksymalnie dochodzą nawet do 25 m.

Tempo zaniku jezior w ostatnim okresie znacznie wzrosło. Około 30% jezior zanikło tylko wskutek wypełnienia mis osadami; zamieniły się one w torfowiska. Tempo zaniku w procentach powierzchni jezior na rok wyniosło w okresie 1960-1975 średnio (w odniesieniu do jezior powyżej 200 ha) 0,23%, a na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim, gdzie gospodarcza ingerencja jest szczególnie silna, aż 0,32%. Również mokradła, które zajmują w Polsce ok. 8% powierzchni, ulegają zanikowi. Niekorzystnie działa osuszanie mokradeł w wyniku prac melioracyjnych, a także osuszanie na obszarach eksploatacji surowców i terenach miejskich. W przyszłości należy się więc spodziewać dalszego zaniku jezior i zmniejszania się objętości mis oraz dalszego zaniku mokradeł.

Również wody podziemne ulegają zmianom. Nie stwierdzono naturalnych przyczyn powodujących trwałe zmniejszanie się zasobów wód podziemnych; znaczny jest natomiast wpływ gospodarczej działalności. W wiekach ubiegłych wpływ ten był mało znaczący. Jeszcze do lat pięćdziesiątych tego wieku antropopresja była dość ograniczona (z wyjątkiem Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego). Dopiero w ostatnich latach nasila się wpływ gospodarczej działalności na wody podziemne.

Znaczne zmiany spowodowane są odwodnieniami górniczymi. Zasięg odwodnień górniczych szacowany jest na ok. 5000 km². Ogółem odpompowuje się ok. 35,8 m³/s, co — dla porównania — jest więcej niż wynosi średni przepływ Dunajca w Krościenku!

Duże zmiany powoduje kopalnictwo głębinowe węgla kamiennego na górnym Śląsku. Odwodnienia górnicze sięgają setek metrów głębokości, niemniej dzięki dość dobrej izolacji poziomów wód gruntowych od poziomów wód wglębnych zwierciadło wód gruntowych nie wykazuje tendencji do obniżania. Obserwuje się natomiast powstawanie pod-

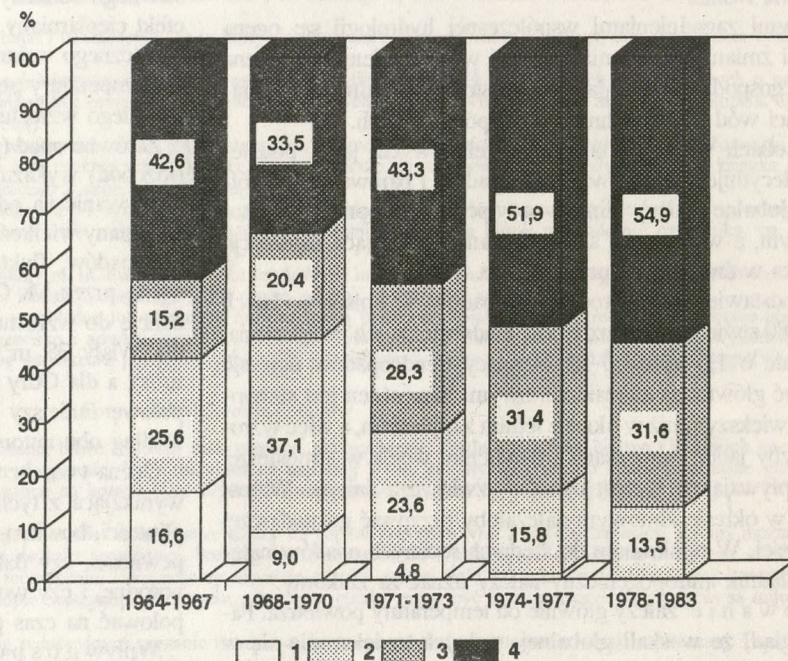
mokłości i zbiorników wodnych spowodowanych osiadaniami terenu ponad wyrobiskami górniczymi. Powierzchnia niecek bezodpływowych w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym, powstałych w wyniku zapadlisk górniczych, wynosi ok. 600 ha.

Zmiany powoduje również kopalnictwo głębinowe rud metali cynku i ołowiu w rejonie Olkusza, a także miedzi w rejonie Lubina. Wskutek pompowania wód z kopalń cynku i ołowiu leje depresyjne dochodzą do 200 m, a w kopalniach miedzi nawet do ponad 500 m.

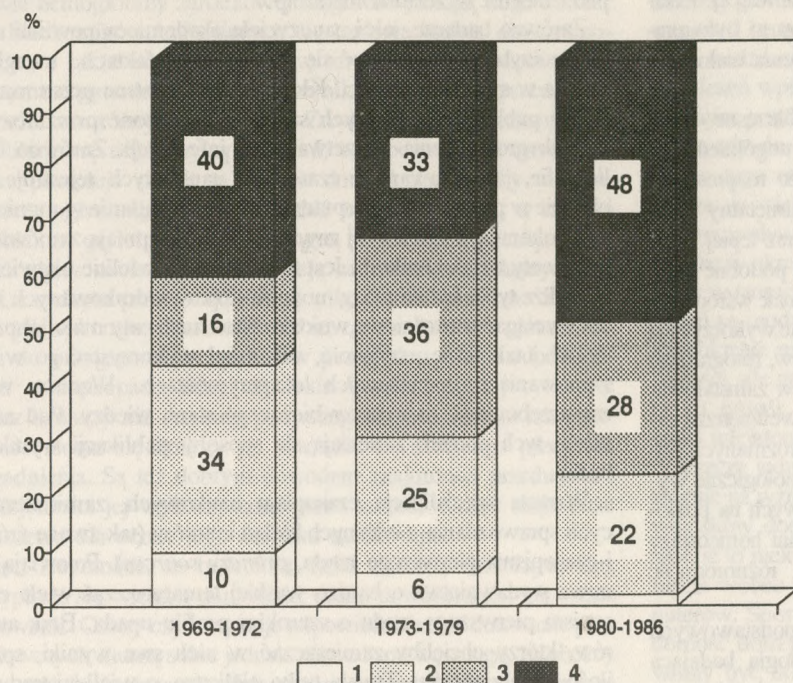
Duży wpływ wywiera kopalnictwo odkrywkowe, zwłaszcza węgla brunatnego w rejonie Bełchatowa. Zasięg odwodnień wynosi ponad 400 km². Znaczne zmiany, ale o bardziej lokalnym charakterze, powoduje eksploatacja siarki w Kotlinie Sandomierskiej.

Z innych przejawów gospodarczej działalności należy wymienić: melioracje, polegające głównie na osuszaniu, obejmujące wprawdzie duże obszary, ale nie powodujące znacznego obniżenia zwierciadła wód gruntowych (0,3 do 2,5 m); pobór wody podziemnej dla celów głównie komunalnych, powodujący nieraz duże obniżenie zwierciadła, ale o charakterze lokalnym; regulacja rzek, polegająca m. in. na skróceniu biegu rzek i powodująca erozję wglębną, a w dalszej konsekwencji obniżenie zwierciadła wód gruntowych w dolinie (np. o 3,5 m w dolinie Wisły pod Krakowem).

Osobnym zagadnieniem jest stan czystości wód. Jakość wód ulega stałemu pogorszeniu. Jeszcze w połowie tego wieku stan czystości wód był na ogół zadowalający. Po II wojnie światowej, wraz z rozwojem gospodarczym kraju i niedostateczną ochroną środowiska, następowała systematyczna degradacja jakości wód. Już opady atmosferyczne są silnie zanieczyszczone siarką siarczanową, azotem azotanowym i amonowym oraz chlorkami, a także metalami ciężkimi, jak ołowiem, kadmem, cynkiem i miedzią. Przykładowo: ilość dostarczanej siarki siarczanowej może dochodzić na górnym Śląsku aż do ok.



Ryc. 1. Zmiany procentowego udziału długości wybranych rzek Polski w poszczególnych klasach czystości w latach 1964-1983 (okres kampanijny). Objasnienia: 1 - wody klasy I, 2 - wody klasy II, 3 - wody klasy III, 4 - wody nie odpowiadające normom. Źródło: Z. Zięba i in. *Zmiany jakości wód powierzchniowych*. (w:) *Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych*, Kraków 1993.



Ryc. 2. Zmiany procentowego udziału liczby jezior w poszczególnych klasach czystości w latach 1969-1986. Objasnienia: 1 – wody klasy I, 2 – wody klasy II, 3 – wody klasy III, 4 – wody nie odpowiadające normom. Źródło: W. Marszelewski, *Zmiany zanieczyszczenia jezior*, (w:) *Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych*, Kraków 1993 (rycina zmieniona).

7 t/km²/rok. Substancje te już „na wejściu” dostają się do wód powierzchniowych i podziemnych.

Działalność powodująca zanieczyszczenie wód to: rolnictwo (nawożenie gleb, środki ochrony roślin, gnojowica, składowanie odpadów), kopalnictwo (zrzuty wód silnie zmineralizowanych i zanieczyszczonych), urbanizacja (ścieki, zanieczyszczenia ropopochodne).

Zanieczyszczane są rzeki, jeziora i wody podziemne. Stosunkowo najłatwiej mogą być oczyszczone wody rzeczne, gdyż podlegają szybkiej wymianie, znacznie trudniej wody jeziorne (zwłaszcza jezior bezodpływowych), a bardzo trudno wody podziemne, ze względu na bardzo powolną wymianę.

Degradacja wód rzecznych postępowała stale (ryc. 1). Zwiększał się udział wód o klasie nie odpowiadających normom, a znacznie zmniejszał się udział wód o I klasie czystości. Sytuacja jest bardzo zła, zwłaszcza w okresie niskich stanów wody, gdy stężenie zanieczyszczeń jest szczególnie duże. O zanieczyszczeniu wód decydują głównie duże stężenia chlorków, związków azotowych, fenolowych, organicznych oraz zawiesin. W ostatnich latach stwierdzono występowanie w wodach metali ciężkich.

Również jakość wód jeziornych ulega stalemu pogorszeniu (ryc. 2). Wzrost zanieczyszczeń prowadzi do zmian cech fizycznych, chemicznych i biologicznych wód, a także do zmian morfometrycznych jezior. W ostatnich trzydziestu latach wyraźnie zmniejszyła się łączna powierzchnia jezior posiadających I klasę czystości, wzrosła natomiast powierzchnia jezior pozaklasowych. W okresie 1959-1981 przeszło sześciokrotnie wzrosła powierzchnia jezior zanieczyszczonych. Obecnie 2/3 powierzchni wszystkich jezior na terenie kraju mieści się w wodach pozaklasowych.

Wzmrożona dostawa substancji biogenych, zwłaszcza fosforu, przyspiesza eutrofizację wód, co wraz z substancjami toksycznymi ujemnie wpływa na całą biocenozę wód. Zanieczyszczenie i eutrofizacja wód będą się nadal zwiększać, jeżeli nie zostaną zahamowane czynniki powodujące degradację wód.

Wody podziemne będące jeszcze do niedawna rezerwuarem czystej wody ulegają także degradacji, zwłaszcza płytkie, nie posiadające naturalnej izolacji od wpływów pochodzących z powierzchni terenu. Za najbardziej niebezpieczne dla wód podziemnych należy uznać związki azotowe, produkty ropopochodne i nie-

które metale ciężkie. Należy się spodziewać dalszego zakwaszania wód podziemnych, zwłaszcza na obszarze południowo-zachodniej Polski.

Zanieczyszczenie wód podziemnych jest większym zagrożeniem niż szczypanie ich zasobów.

Najważniejszym zadaniem jest zapobieganie dalszej degradacji jakości wód. Polepszenie jakości wód powinno się osiągać nie tylko poprzez ich oczyszczanie, ale także poprzez ochronę powietrza oraz właściwe użytkowanie ziemi. Jak dotąd jakość wód, mimo wielu postulatów i planów, nie tylko się nie poprawiła, lecz miała stałą tendencję do pogarszania się. Brak dostatecznej ilości wody o odpowiedniej jakości może się w przyszłości stać barierą dla dalszego rozwoju gospodarczego kraju.

Wpłynęło 26 I 1994

Prof. Irena Dynowska jest kierownikiem Zakładu Hydrografii w Instytucie Geografii UJ

HENRYK SZARSKI (Kraków)

NIEKTÓRE KONSEKWENCJE ROZWOJU NAUK BIOLOGICZNYCH

Znany naukoznawca D. de S. Price w książce opublikowanej w r. 1963 stwierdził, że od około 300 lat liczba doniesień naukowych podwaja się co 15 lat. Od druku tego oświadczenia

podwoiła się więc zapewne dwukrotnie. Wskutek tego badacze gubią się w literaturze, którą chcieliby przestudiować. Są zmuszeni do nieustannego zawężania swych specjalności. Powstaje

obawa, że będziemy w końcu „wiedzieć wszystko o niczym”. Wyrażając się ściślej, że będziemy wiedzieć coraz więcej o znikomo małych fragmentach rzeczywistości. Gdyby to było prawdą, rozwój nauki prowadziłby tylko do gromadzenia mało użytecznych archiwów.

Wbrew tym pesymistycznym poglądom współczesne nauki przyrodnicze dysponują szybko narastającą ilością uogólnień i hipotez, łączących z sobą wiadomości, kiedyś bardzo rozproszone. Biolodzy mają silne przekonanie, że jeśli nawet pamiętamy może mniej szczegółów od naszych poprzedników, to coraz lepiej i głębiej rozumiemy świat istot żywych. Wydaje się, że podobne przekonanie żywią również inni badacze przyrody, jednak wśród biologów jest ono chyba najsilniejsze. Nauki biologiczne wykorzystują postęp techniczny badając np. życie na dnie oceanów, fotografując ogromne powierzchnie biosfery za pomocą aparatów zainstalowanych na sztucznych satelitach, obserwując budowę wewnętrzną organizmów i budujących je komórek przy pomocy rozmaitych mikroskopów. Stosując metody biochemiczne i immunologiczne wyróżniają coraz więcej składników budowy istot żywych na poziomie cząsteczek. Rozrasta się wiedza o utrzymywaniu homeostazy wewnętrznej organizmów przez niespodziewaną różnorodność wzajemnych zależności działania komórek.

Równocześnie trwa rozwijanie i umacnianie podstawowych teorii i hipotez biologicznych. Rozwijają się ekologia badająca wzajemne relacje organizmów między sobą i ich związki z otoczeniem. Paleontologia i ewolucjonizm odtwarzają i objaśniają przeszłość organizmów. Zrozumienie mechanizmów ekologicznych i ewolucyjnych pozwala nawet — chociaż w ograniczonym zakresie — na przewidywanie niektórych zjawisk, np. reakcji gatunków uznanych za szkodliwe na próby ich zwalczania, lub sukcesję biocenoz na terenach zmienionych przez działalność ludzką. Analiza logiczna usuwa nieporozumienia wynikające z wieloznaczności takich podstawowych terminów nauk biologicznych jak gatunek, homologia, homeostaza.

Nauki biologiczne stają się coraz bardziej współzależne. Paleontolodzy wykorzystują eksperymenty prowadzone przez ekologów na populacjach współczesnych ślimaków wysp oceanicznych i szczegóły struktury wymarłych organizmów dostrzegane w mikroskopach elektronowych. Systematycy stosują techniki biochemiczne i obserwacje zachowań godowych zwierząt do określania pokrewieństw gatunków. Warto sobie uprzytomnić, że jeszcze w XVIII wieku obserwacje naukowe istot żywych prowadziły tylko nieliczne jednostki na zachodzie Europy. Dopiero w XIX stuleciu powstają na uniwersytetach katedry poświęcone rozmaitym naukom biologicznym. Równocześnie powiększa się liczba szkół wyższych w Europie i obu Amerykach. Obecnie różne szkoły wyższe istnieją w większości niepodległych państw, także w rejonach gospodarczo upośledzonych. Rosną też nieustannie wymagania stawiane personelowi nauczającemu szkół wyższych.

Przyjmuje się powszechnie, że najlepszym kryterium oceny pracownika akademickiego są jego publikacje naukowe, a więc liczba osób zobowiązanych do prowadzenia badań i publikujących ich wyniki nieustannie się powiększa. Może się wydawać, że zabraknie biologom tematów badań. Jednak liczba gatunków istot żywych przekracza na pewno miliony. Każdy gatunek ma swoją budowę, fizjologię, rozwój zarodkowy, sposób życia. Gatunki są z sobą rozmaicie spokrewnione. Wszystko to zasługuje na zbadanie, a więc biologom tematów nigdy nie zabraknie. Zapewne też stale będą się ukazywać publikacje obalające rozmaite szczegółowe uogólnienia nauk biologicznych. Tak np. okazało się, że wśród płazów istnieją gatunki o bruzdkowaniu tarczowym, że inne płazy mają w skórze gruczoły produkujące wydzielinę zawierającą lipidy, chro-

niące je przed utratą wody przez parowanie, że rozwój jaj pewnego płaza biegnie w żołądku matki itp.

Zarówno badacze, jak i nauczyciele akademicy powinni możliwie szybko dowiadywać się o podobnych faktach i uwzględniać je w swej działalności. Kłopoty wywołane przez rozrost liczby publikacji naukowych są nieco łagodzone przez rozwój technik gromadzenia i przetwarzania informacji. Zarówno bibliografie, jak i zawartość czasopism naukowych rejestruje się obecnie w pamięciach komputerów, które na żądanie w mgnieniu oka dokonują selekcji swej zawartości i udostępniają zamówione fragmenty użytkownikom. Jest to oczywiście wielkie ułatwienie. Jednakże tylko ludzki mózg może ze stosów zadrutowanych kartek wyciągać wartościowe wnioski. Ktoś musi cały materiał przeczytać i tak sobie przyswoić, aby mógł wykorzystać go w rozumowaniach, umysłowych eksperymentach. Wzrasta więc zapotrzebowanie na syntezę bieżącego stanu wiedzy. Pod naciskiem tych potrzeb zmieniają się sposoby publikacji wyników badań.

Wzrasta specjalizacja czasopism naukowych, zamieszczających sprawozdania z własnych badań autorów (tak zwane źródła i czasopisma pierwszego rzędu, *primary sources*). Pojawiają się nowe wydawnictwa o bardzo wąskiej tematyce, zaś wiele czasopism pierwszego rzędu o szerokim profilu upada. Brak autorów, którzy chcieliby zamieszczać w nich swe wyniki, spada ilość ich abonentów. Trwają tylko nieliczne, o wielkiej tradycji, jak np. *Nature* lub *Science*. Mnożą się natomiast czasopisma przeglądowe (tzw. źródła drugiego rzędu). Niektóre z nich jak np. *Biological Reviews* i *Quart. Review of Biology* nie mają wyraźnego profilu, liczniejsze są wydawnictwa publikujące po kilka lub kilkanaście czasopism przeglądowych o wąskiej tematyce, jak np. *International Review of Biology*, względnie *Annual Review of...*

Niektóre z tych periodyków zamieszczają niekiedy artykuły nadesłane z inicjatywy autorów, częściej zaś realizują własne plany uwzględniające zagadnienia szczególnie aktualne. Ostatnio przyjęły się dobrze czasopisma firmy Elsevier o tytułach *Trends in...*, są to miesięczniki zamieszczające krótkie bardzo starannie redagowane artykuły o najaktualniejszych zagadnieniach. Zajęcie poważnego miejsca na pozornie przesyconym rynku wydawnictw naukowych przez tę serię dowodzi jak wielkie jest zapotrzebowanie na publikacje o charakterze syntetycznym, nie popularyzatorskim; przeznaczone dla badaczy, którzy nie mogą przeglądać wszystkich wydawnictw pierwszego rzędu nawet w obrębie własnej specjalizacji. Sytuacja ta nadaje wysoką rangę autorom i redaktorom czasopism drugiego rzędu. Wywierają oni bardzo wyraźny wpływ na kierunki badań i na ewolucję hipotez.

Nie jestem pewien czy wszyscy biologowie polscy zdają sobie w pełni sprawę z tej sytuacji. Być może sądzą, że wystarczy, by młodzi badacze rozpoczynali działalność od pomagania swemu przełożonemu w pracy, usiłowali go naśladować, a jeśli będą to robić sprawnie, to z czasem zajmą miejsce swych nauczycieli. A jednak w nauce odstępowanie od rutyny i tradycji jest często pożądane, a nawet konieczne.

W umysłach młodych badaczy nieraz toczy się spór między nadzieją uzyskania ważnych wyników a pesymizmem sugerującym, że wszystkie ważne problemy naukowe zostały już dawno rozwiązane przez poprzedników, którym nigdy nie uda się dorównać. Istotnie, przyczynienie się do postępu w jakiegokolwiek dziedzinie nauki jest trudne i zależne od okoliczności przypadkowych. Równocześnie jednak szybki postęp metodyki badań stwarza niezliczone okazje do nowych odkryć, a nawet bardzo drobne osiągnięcia naukowe sprawiają autorom wiele satysfakcji.

Wyniki własnych obserwacji czy też przemyśleń powinno się maksymalnie wykorzystać w publikacjach. Niekiedy wymaga to

zwrócenia uwagi różnych kręgów specjalistów. Np. dane o budowie hemoglobiny zarodkowej kręgowców mogą mieć wartość dla biochemików, zajmujących się budową białek, dla embriologów, a także dla systematyków rozpatrujących podobieństwa wzajemne gatunków. Te same wyniki można więc przedstawić czytelnikom różnych czasopism. Zwykle w jednym czasopiśmie publikuje się dokładny opis badań, a w pozostałych artykułach autor powołuje się na to główne doniesienie. Byłoby wielkim błędem ogłaszanie wyników badań bez komentarza, w złudnej nadziei, że czytelnicy sami wyciągną z nich konsekwencje. Czytelnicy prac naukowych rozmyślają nad wynikami własnych badań, a cudzym poświęcają uwagę tylko gdy to konieczne. Dobrze jest też wykorzystać własną wiedzę, zgromadzoną w okresie badań do przygotowania artykułów przeglądowych w odpowiednich czasopismach. Artykuły takie bywają częściej cytowane przez badaczy niż artykuły pierwszego rzędu, chociaż ich aktualność nieraz się kończy po ukazaniu się kolejnego przeglądu zagadnienia. Są też dobrym dowodem znajomości przedmiotu i umiejętności jej wykorzystania przez autora, a więc mają duże znaczenie dla oceny jego dorobku naukowego.

Jest zrozumiałe, że badaniom, które zwróciły szeroką uwagę, przypisuje się większą doniosłość, czego dowodem jest ich częste cytowanie. Osoby czy instytucje odpowiedzialne za dotowanie prac badawczych muszą sobie jednak zdawać sprawę z tego, że obecny stan nauk biologicznych silnie sprzyja tworzeniu się przemijającej mody na pewne problemy, co zresztą w pewnej mierze istniało też w przeszłości. Tak np. około r. 1900 biologów fascynował początek bruzdkowania. Przeprowadzono ogromną ilość eksperymentów próbując zapłodnić jaja obcogatunkowym nasieniem i za bardzo doniosłe osiągnięcie (w skali światowej) uznano pobudzenie

do rozwoju jaja jeżowca nasieniem szkarłupnia zaliczanego do odmiennej gromady, czego dokonał Emil Godlewski jun. Wywoływano też bruzdkowanie jaj rozmaitych organizmów bardzo różnymi bodźcami. Nie wydaje się, aby wyniki tych licznych doświadczeń wpłynęły wybitnie na rozwój biologii.

Innym przykładem przemijającej mody było stosowanie ciężkiej wody do różnych badań, gdy pojawiła się możliwość uzyskania tego odczynnika. Moda ta szybko minęła, gdy okazało się, że na większość procesów biologicznych obecność deuteru nie ma wpływu. Publikacje na modny temat bywają często cytowane w okresie trwania mody, szybko się jednak dezaktualizują ginąc w stosach podobnych sobie wyników. Gdy pewne kierunki badań są modne, inne są zaniebdywane. Zwrócenie uwagi w takim okresie na odmienne zagadnienie nie rokuje szybkiej popularności, ale zapewnia badaczowi pewien komfort wynikający z braku rywali, w przyszłości zaś może owocować uzyskaniem rangi inicjatora serii owocnych badań.

Jeszcze jedna konsekwencja współczesnego stanu biologii zasługuje na wzmiankę. Coraz częściej zdarza się, że do podobnych wniosków dochodzą prawie równocześnie różni badacze. Wywołuje to niekiedy spory o priorytet, zwykle trudne do rozstrzygnięcia wobec szybkiego przepływu informacji w sieciach komputerów. Spory te są tylko marnowaniem czasu i energii. Świadomość dotrzymywania kroku i współudziału w odkryciach powinny być dostatecznym dowodem kwalifikacji badacza i powinny mu dostarczyć wystarczającej satysfakcji.

Wpłynęło 20 I 1994

Henryk Szarski jest emerytowanym profesorem UJ

PIOTR MIGOŃ (Wrocław)

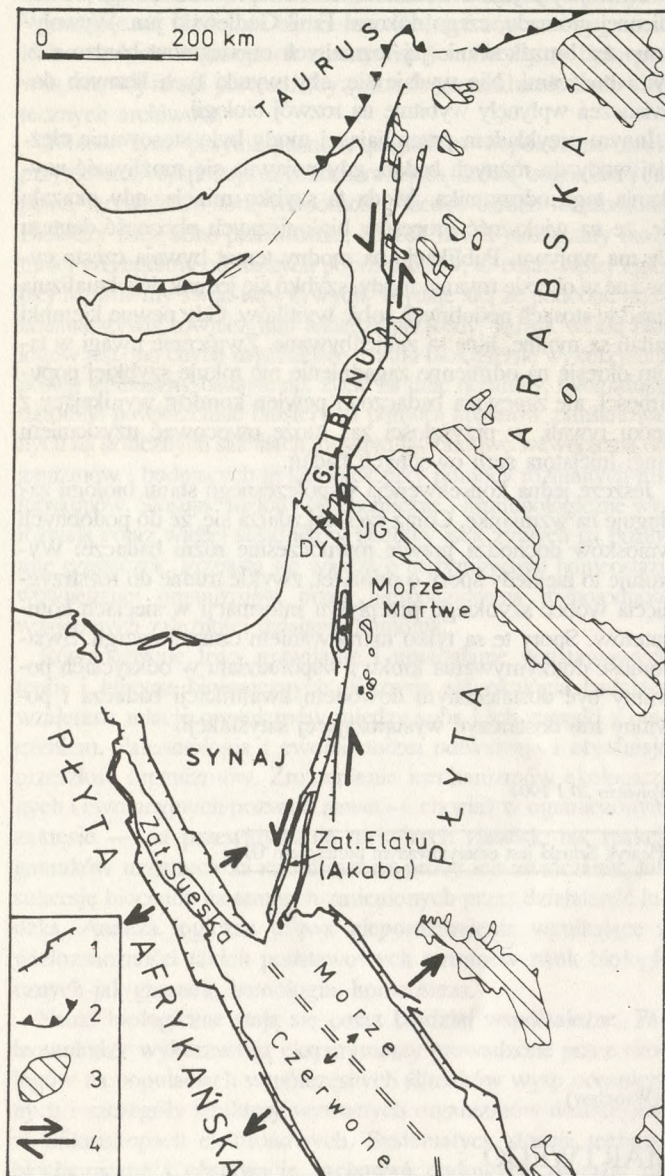
RYFT MORZA MARTWEGO

Duża struktura geologiczna o cechach głębokiego rozłamu w skorupie ziemskiej, określana mianem ryftu Morza Martwego, w rzeczywistości nie jest typową formą ryfłową. Z tektonicznego punktu widzenia jest to uskoki transformujący, wzdłuż którego dominującą rolę odgrywają ruchy przesuwowe. Łączy on strefę rozszerzania (*spreadingu*) dna oceanicznego w Morzu Czerwonym ze strefą kolizji kontynentalnej w Górach Taurus i Zagros w południowo-wschodniej Turcji, oddzielając w ten sposób mikroplątę Synaju na zachodzie od płyty arabskiej na wschodzie. Długość całej struktury wynosi około 1000 km, a biegnie ona z południa na północ wzdłuż Zatoki Elatu (Akaba) i zapadliska Arava w rejon Morza Martwego, dalej doliną Jordanu, doliną Bekaa w Syrii, przecina pasmo Gór Libanu, po równinę Hatay (ryc. 1).

Ryft Morza Martwego powstał w młodszym kenozoiku i przechodził dwa główne okresy aktywności tektonicznej. Starszy miał miejsce w miocenie (25-14 mln lat temu) i zaznaczył się poziomym przesunięciem o około 60-65 km. Po trwającym około 10 mln lat okresie względnego spokoju tektonicznego nastąpiło ponowne uaktywnienie strefy ryftowej, połączone z intensywnym wulkanizmem bazaltowym na Wzgórzach Golan, w Galilei i Górach Libanu. Ten młodszy, plicieńsko-czwartorzędowy okres ru-

chów przesuwowych spowodował przemieszczenie mas skalnych o dalsze 40-45 km, co daje sumaryczną wartość ruchu poziomego około 105 km. Były to przesunięcia lewoskrętne, stąd wychodnie prekambryjnych skał krystalicznych i przykrywających je tzw. piaskowców nubijskich znajdują się po stronie zachodniej tylko na Synaju i koło Elatu, podczas gdy po stronie wschodniej występują jeszcze na wysokości Morza Martwego. Współczesny ruch przesuwowy ocenia się na 0,7-1,0 cm na rok.

Współczesny obraz doliny ryftowej ukształtowały nie tylko ruchy przesuwowe. Równie istotne znaczenie miały i mają do dziś ruchy pionowe, prowadzące do wypiętrzenia obramowań i zapadania się centralnych partii ryftu. Obserwowane krawędzie mają do 1500 m wysokości (ryc. 2), przy czym ich większa wysokość po stronie wschodniej odzwierciedla intensywniejsze wypiętrzenie płyty arabskiej. Obniżające się fragmenty doliny ryftowej były stopniowo wypełniane osadami pochodzącymi z erozji wypiętrzanych obramowań. Sumaryczną wartość ruchów pionowych daje więc dopiero dodanie miąższości młodych, neogeńskich i czwartorzędowych osadów w zapadliskach i wysokości krawędzi morfologicznych. W rejonie Morza Martwego wynosi ona prawie 10 km, z czego około 3 km zrztu przypada na schylek plicenu i czwartorzęd.



Ryc. 1. Położenie strefy ryftowej Morza Martwego na tle rozmieszczenia płyt litosfery: 1 – strefy uskokowe; 2 – strefa kolizji kontynentalnej; 3 – wystąpienia skał wulkanicznych; 4 – kierunki ruchu płyt litosfery. JG – Jezioro Galilejskie, DY – dolina Yizreel.

Łamany przebieg głównej strefy rozłamowej, przy jednoczesnym przesuwczym charakterze ruchu, spowodował powstanie w kilku miejscach romboidalnych zapadlisk, wydłużonych zgodnie z generalnym trendem ryftu z południa na północ. Noszą one miano zapadlisk typu *pull-apart* (w polskim tłumaczeniu książki C. Olliera *Tektonika a formy krajobrazu* użyty został termin „roz-ziew rombowy”). Takimi zapadliskami są między innymi Zatoka Elatu, depresja Morza Martwego i Jeziora Galilejskiego. Powierzchnie dwóch ostatnich, wyznaczone przez tafle wodne, znajdują się znacznie poniżej poziomu morza, tworząc najgłębszą depresję na Ziemi. Poziom lustra wody w Morzu Martwym wynosi -405 m (stan z 1986 r.), w Jeziorze Galilejskim -205 m.

W ostatnich latach prowadzone są w Izraelu badania nad jeszcze jednym rodzajem ruchów tektonicznych w strefie ryftu Morza Martwego, a mianowicie nad ekstensją horyzontalną i stopniowym rozszerzaniem doliny ryftowej. Wyniki pomiarów geodezyjnych w rejonie Jeziora Galilejskiego wskazują na oddalanie się obu płyt od siebie w tempie 1-2 mm na rok.

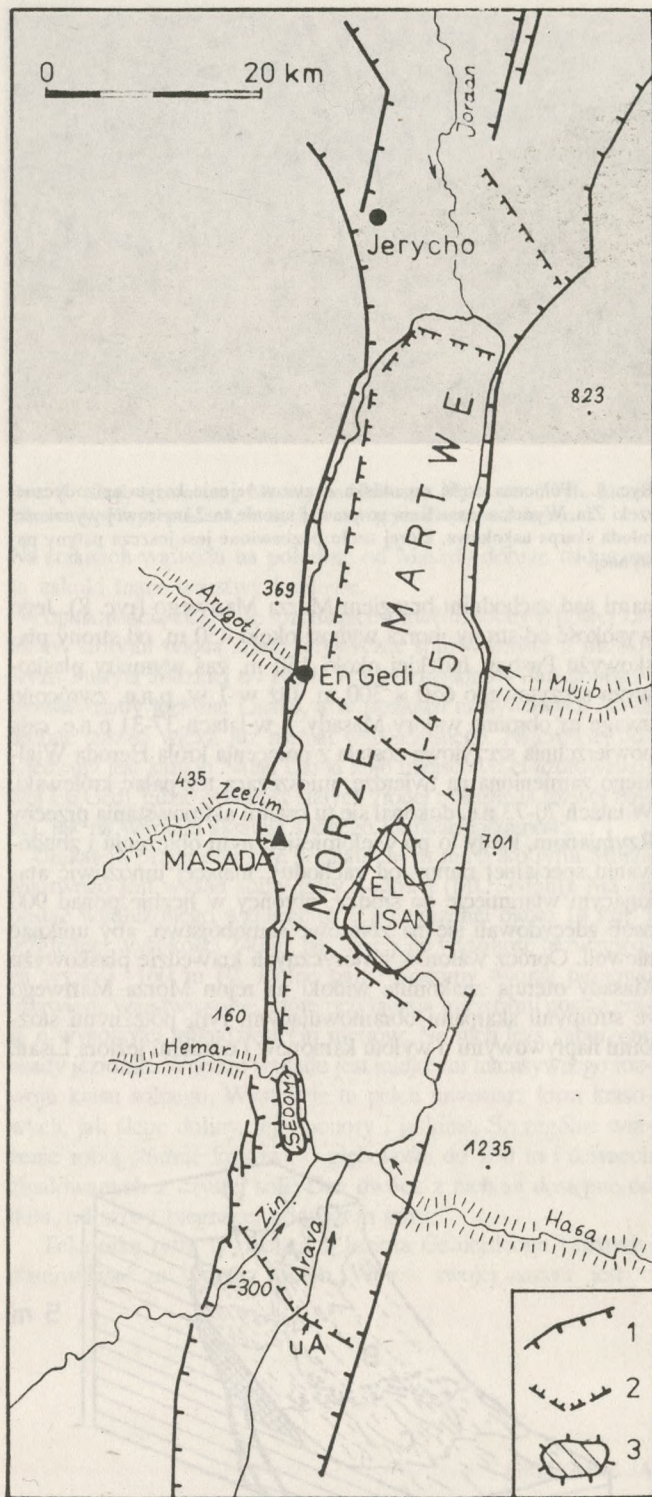


Ryc. 2. Skarpa obramowująca dolinę ryftową w rejonie Morza Martwego.

Mimo relatywnie młodego wieku ryft Morza Martwego posiada bogatą historię, a w jego rozwoju wyraźnie zaznaczyło się kilka faz o różnej intensywności procesów endo- i egzogenicznych. Jeszcze w starszym trzeciorzędzie na obszarze doliny ryftowej nie istniało żadne obniżenie, a rejon obecnej Jordanii był odwadniany bezpośrednio do Morza Śródziemnego. Ślady ówczesnej sieci rzecznej zachowały się na krawędziach doliny ryftowej w postaci zawieszonych dolin, obecnie suchych. Geologicznym dowodem jest obecność otoczków skał występujących tylko na płycie arabskiej w żwirowych osadach młodszej trzeciorzędu na pustyni Negev. Uaktywnienie strefy ryftowej w miocenie spowodowało znaczne przemieszczenia poziome (do 65 km), zarysowanie uskokowych i fleksurowych obramowań zapadlisk oraz zapoczątkowało wypełnianie doliny przez osady. Były one znoszone przez rzeki z obszarów wypiętrzanych i znane są dziś w postaci formacji Hazeva, o miąższości około 2000 m. Miocenne wypełnienie ryftu było tak znaczne, że w późnym miocenie i wczesnym pliocenie rzeki z Jordanii znów płynęły w poprzek ryftu, do Morza Śródziemnego.

W pliocenie, około 4,5 mln lat temu, strefa ryftowa odżyła i stała się ponownie bazą, do której dążyły rzeki zarówno ze wschodniej strony ryftu, jak i z pustyni Negev i Pustyni Judzkiej. Znaczne obniżenie dna doliny ryftowej i jej odgałęzienia ku północnemu zachodowi w postaci doliny Yizreel umożliwiło wtargnięcie wód morskich z basenu Morza Śródziemnego. Sięgły one aż 100 km na południe od Morza Martwego. Środkowa część doliny ryftowej była więc wówczas zatoką morską, w której w warunkach suchego i gorącego klimatu następowało intensywne parowanie wód. Stąd osady plioceńsko-plejstocennej ingresji morskiej, należące do formacji Sedom, składają się oprócz margli i wapieni także ze znacznej miąższości warstw gipsów, anhydritów i soli. Ich łączna grubość w południowej części Morza Martwego sięga 4000 m. Obecność grubych pokładów solnych, przykrytych później młodszymi osadami, spowodowała intensywną tektonikę solną. Warstwy solne są pod naciskiem osadów nadległych stale wypychane do góry i tworzą potężne diapiry (wysady) solne, w obrębie których pierwotnie poziome pokłady soli ustawione są niemal pionowo. Najwyraźniej w rzeźbie zaznacza się wysad solny góry Sodoma przy zachodniej krawędzi ryftu, mający około 200 m wysokości. Największy powierzchniowo jest wysad El Lisan po stronie wschodniej (ryc. 3).

Schylek pliocenu i plejstocenu to także okres intensywnych ruchów tektonicznych na krawędziach doliny ryftowej i podniesienie ich o ponad 1000 m. Nie było to jednak wypiętrzenie



Ryc. 3. Szkic morfotektoniczny zapadliska Morza Martwego: 1 – krawędź doliny ryftowej; 2 – uskoki aktywne u schyłku plejstocenu i w holocenie (po-Lisańskie); 3 – wysady solne. uA – uskoki Amazyahu.

wzdłuż dwóch długich, równoległych do siebie uskoków po obu stronach ryftu. W obrębie krawędzi powstawały stopnie tektoniczne, typowe dla skłonu Wzgórz Golan, drugorzędne zręby, jak wzniesienie Masady nad Morzem Martwym i rowy tektoniczne. Dlatego rzeźba obramowań ryftu jest bardzo urozmaicona i tylko na pewnych odcinkach występuje długa prostolinijna krawędź, jak po wschodniej stronie zapadliska Arava (ryc. 4). Wraz z wy-



Ryc. 4. Wschodnie obramowanie zapadliska Arava w postaci prostolinijnej krawędzi, z potężnymi stożkami napływowymi na przedpolu.

piętrzeniem postępowało erozyjne rozcinanie formowanych krawędzi, bardziej efektywne po stronie zachodniej, gdzie występują mniej odporne, poziomo ułożone skały osadowe. W czwartorzędzie powstały tam głębokie na kilkaset metrów kaniony (ryc. 5), a na ich wylotach potężne stożki żwirowe. Zbocza tych dolin posiadają charakterystyczny łamany profil, odzwierciedlający naprzemienne występowanie warstw mniej i bardziej odpornych. Obecnie odpływ jest tylko epizodyczny.

W historii rozwoju ryftu Morza Martwego zaznaczyły się również czwartorzędowe zmiany klimatu i przemienność okresów wilgotnych (pluwialnych) i suchych (interpluwialnych). W czasie tych pierwszych w obniżonych częściach doliny rozwijały się jeziora, noszące nazwę jezior pluwialnych, a ich osady były wraz z obniżaniem dna ryftu przykrywane osadami kolejnych, młodszych jezior. Łączna grubość plejstocenijskich osadów jeziornych w rejonie Morza Martwego wynosi około 3500 m. Ostatnim z tych zbiorników było jezioro Lisan, które egzystowało pomiędzy 70 a 14 tysiącami lat temu. Obecne Morze Martwe jest jego reliktem i ma powierzchnię kilkakrotnie mniejszą niż jezioro Lisan w momencie swego maksymalnego zasięgu. Pionowy zasięg osadów pozostawionych przez jezioro Lisan wynosi -150 m, jego powierzchnia znajdowała się więc 250 m powyżej powierzchni Morza Martwego. Margle Lisanu są powszechne w strefie pomiędzy Jeziorem Galilejskim na północy a zapadliskiem Arava na południu, wypełniają również kaniony rozcinające krawędź doliny ryftowej. W wielu miejscach dostrzec można dawne linie brzegowe w postaci równoległych do siebie teras; na zachodnim brzegu Morza Martwego znajduje się do 20 takich pólek ułożonych jedna nad drugą. Margle Lisanu są osadem miękkim i podatnym na erozję, dlatego na ogół wykształciły się w nich sieci wąwozów, tworzące krajobraz podobny do słynnych amerykańskich badlands.

Osady jeziora Lisan są w wielu miejscach zaburzone tektonicznie, dokumentując w ten sposób najnowsze, późnoplejstocenijskie i holocenijskie ruchy skorupy ziemskiej na tym obszarze. Natężenie tej aktywności musiało być znaczne, o czym świadczy na przykład skarpa uskokowa uskoku Amazyahu, ograniczająca od południa zapadlisko Morza Martwego. Ma ona około 30-40 m wysokości, zaś na jej przedpolu znajdują się jeszcze młodsze skarpy, 2-6 metrowej wysokości, wieku prawdopodobnie późnholocenijskiego. W obrębie osadów jeziora Lisan spotkać też można struktury powstające w wyniku uwodnienia osadów w trakcie wstrząsów sejsmicznych (tzw. sejsmity), znacznie zaburzone są one również w strefie wysadów solnych Sodomy i El Lisan.



Ryc. 5. Kanion Hemar, rozcinający krawędź doliny ryftowej w rejonie Morza Martwego.

Dowodem zupełnie współczesnej tektoniki są skarpy uskokowe przecinające stożki napływowe epizodycznych rzek spływających do doliny ryftowej. Można je łatwo zidentyfikować w terenie, gdyż w obrębie czoła progu uskokowego nie występuje typowa w strefie suchej patyna pustynna (ryc. 6). Patyna (*desert varnish*) powstaje w wyniku procesów wietrzeniowych i gromadzenia się związków żelaza na powierzchni skał i otoczków, nadając wychodniom i osadom charakterystyczną, czerwono-brunatną barwę. Skarpy w osadach luźnych są generalnie niskie i rzadko przekraczają 4 m wysokości (ryc. 7), mimo to w badaniach geologicznych i geomorfologicznych strefy ryftowej poświęca się im dużą uwagę. Koncentrują się one na dwóch zagadnieniach: wieku skarp oraz jedno- lub wielokrotności ruchu, co ma istotne znaczenie w ocenie współczesnej aktywności sejsmicznej i powtarzalności trzęsień ziemi o znacznej intensywności. Ostatnie duże trzęsienie ziemi miało miejsce 11 lipca 1927 w okolicach Jerycha, a jego magnituda wynosiła 6,2 w skali Mercallego.

Wiek skarp oceniany jest na podstawie zmian w ich wyglądzie. Ustalono, że czoło skarpy, odpowiadające płaszczyźnie uskoku, w skrajnie suchym klimacie ulega degradacji w ciągu maksymalnie kilku tysięcy lat. Równocześnie rozrastają się pozostałe elementy skarpy, stok usypiskowy i stok zmywowy. Po około stu tysiącach lat degradacji dawna skarpa uskokowa jest już tylko nieznacznie nachyloną pochyłością, a o jej uskokowej genezie można rozstrzygnąć wykonując głębokie wykopy w poprzek skarpy i analizując odsłonięte osady.

W pobliżu Elatu w takich głębokich rowach przeprowadzono ostatnio badania, w których udowodniono wielokrotność ruchu w plejstocenie na tych samych uskoku. Opierały się one na założeniu, że po powstaniu skarpy u jej podnóża formuje się osypisko (koluwium), a na nim z kolei profil glebowy. Stąd ilość pokryw koluwalnych informuje o liczbie epizodów tektonicznych, zaś stopień wykształcenia gleby o długości czasu pomiędzy kolejnymi epizodami. Metody te, jakkolwiek praco- i czasochłonne, dają najdokładniejsze informacje o niedawnej historii tektonicznej i są można rzec standardem w badaniach stref tektonicznie aktywnych.

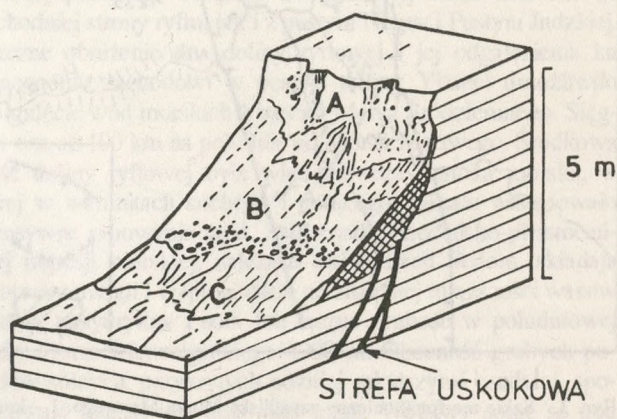
Ślady niedawnej aktywności tektonicznej są doskonale widoczne wzdłuż całej strefy ryftowej. Kilka miejsc jest w niej szczególnie często odwiedzanych przez turystów, choć przyznać trzeba, że to nie historia tektoniczna jest głównym czynnikiem przyciągającym.

Jednym z nich, zajmującym zresztą poczesne miejsce w historii narodu żydowskiego, jest Masada. Jest to wydłużone wzniesienie o charakterze zrębu, wznoszące się pionowymi ścia-



Ryc. 6. Północna część zapadliska Arava w rejonie koryta epizodycznej rzeki Zin. Wyraźna jasna linia po prawej stronie to 2-metrowej wysokości młoda skarpa uskokowa, której czoło pozbawione jest jeszcze patyny pustynnej.

nami nad zachodnim brzegiem Morza Martwego (ryc. 8). Jego wysokość od strony morza wynosi około 450 m, od strony płaskowyżu Pustyni Judzkiej około 150 m, zaś wymiary płaskowyżu szczytowego 650 × 300 m. Już w 1 w. p.n.e. zwrócono uwagę na obronne walory Masady, a w latach 37-31 p.n.e. cała powierzchnia szczytowa została z polecenia króla Heroda Wielkiego zamieniona na twierdzę, mieszczącą też pałac królewski. W latach 70-73 n.e. dokonał się tu ostatni akt powstania przeciw Rzymianom, kiedy to po wielomiesięcznym oblężeniu i zbudowaniu specjalnej rampy od zachodu¹, mającej umożliwić atakującym wtargnięcie do środka, obrońcy w liczbie ponad 900 osób zdecydowali się na zbiorowe samobójstwo, aby uniknąć niewoli. Oprócz walorów historycznych krawędzie płaskowyżu Masady oferują znakomite widoki na rejon Morza Martwego ze stromymi skarpami obramowującymi ryft, potężnymi stożkami napływowymi u wylotu kanionów i osadami jeziora Lisan.



Ryc. 7. Typowa świeża skarpa uskokowa (rysunek na podstawie artykułu R. E. Wallace'a, zamieszczonego w *Bull. Geol. Soc. Am.*, nr 88 z 1977 r.). A – czoło skarpy; B – stok usypiskowy; C – stok zmywowy.

¹ Według najnowszych badań D. Gilla (*Nature* 364 (1993): 569-570) rampa jest jedynie nieznacznie nadsypanym naturalnym ostańcem, zbudowanym ze skał osadowych, zachowanym w strefie wododziałowej pomiędzy dwiema dolinami potoków opływających zrąb Masady.



Ryc. 8. Zrąb tektoniczny Masady nad Morzem Martwym. Z tyłu Morze Martwe i półwysep Lisan, który jest rosnącym diapirem solnym.

Na ścianach wąwozu na południe od Masady dobrze widoczne są uskoki tnące warstwy kredowe.

Popularnością cieszą się rozcinające krawędź doliny ryftowej kaniony, którymi wiodą szlaki turystyczne sprowadzające z płaskowyżu Pustyni Judzkiej do ryftu. W głębi kanionów można obserwować osady jeziorne Lisanu, a w stożkach napływowych liczne drobne uskoki wieku już niemal współczesnego. Najczęściej odwiedzany jest kanion Nahal David koło miejscowości uzdrowiskowej En Gedi, gdzie obecność stałych źródeł umożliwia rozwój bujnej, jak na warunki skrajnie suchego klimatu, roślinności.

Unikatem przyrodniczym w skali chyba nie tylko ryftu Morza Martwego jest wysad solny góry Sodoma (Mt. Sedom). Ma on postać wydłużonego wzniesienia o powierzchni około 14 km² i względnej wysokości 240 m, tak więc jego wysokość bezwzględna wynosi -160 m (!). Dolne partie Sodomy tworzą pionowo ustawione warstwy solne, które przybierają miejscami postać grani o wysokości kilkudziesięciu metrów. Na nich leżą zaburzone osady jeziorne. Wnętrze wysadu jest miejscem intensywnego rozwoju krasu solnego. Występuje tu pełen inwentarz form krasowych, jak ślepe doliny, leje, ponory i jaskinie. Szczególnie wrażenie robią studnie krasowe o głębokości do 100 m i ścianach zbudowanych z czystej soli. Dna dwóch z nich są dostępne od dołu, od szosy biegnącej podnóżem góry.

Tektonikę ryftu w okolicach Jeziora Galilejskiego najłatwiej obserwować ze Wzgórz Golan. Wbrew swojej nazwie jest to



Ryc. 9. Zachodni skłon płaskowyżu Wzgórz Golan, opadający schodowo do doliny ryftowej, rozcięty głębokimi dolinami. Na drugim planie widoczne Jezioro Galilejskie. Na ostrodze międzydolinnej ruiny miasta Gamla.

rozległy płaskowyż, którego powierzchnia nawiązuje do pokładowych wylewów bazaltowych schyłku pliocenu. Opada on ku dolinie ryftowej kilkoma stopniami genezy tektonicznej i jest rozcięty głębokimi wciśniętymi dolinami z wodospadami do 50 m wysokości (ryc. 9). Na skalnych ścianach wąwozów widoczny jest kolumnowy cios bazaltowy. Na jednej z ostróg pomiędzy dolinami znajdują się ruiny miasta Gamla, które w 66 r. n.e. zostało zdobyte przez Rzymian po kilkumiesięcznym oblężeniu, a jego mieszkańcy wymordowani. Rejon Gamla jest rezerwatem przyrody, szczególnie liczna jest tu populacja ptaków drapieżnych.

Również południowa część izraelskiego odcinka doliny ryftowej w rejonie Elatu obfituje w miejsca bardzo atrakcyjne przyrodniczo. Nie są one już jednak bezpośrednio związane z rozwojem tektonicznym ryftu, stąd zostaną przedstawione przy innej okazji.

Autor pragnie serdecznie podziękować prof. Danowi Bowmanowi z Ben-Gurion University of the Negev w Beer Sheva za zaproszenie do Izraela, przewodnictwo w trakcie naukowych wycieczek do doliny ryftowej oraz pomoc w kompletowaniu literatury.

Wpłynęło 17 I 1994

Piotr Migoń jest pracownikiem Instytutu Geograficznego Uniwersytetu Wrocławskiego

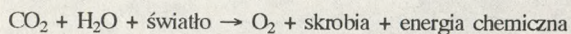
GRZEGORZ JACKOWSKI (Poznań)

ZROZUMIEĆ FOTOSYNTEZĘ

Na początku XVII wieku Belg Jan van Helmont przeprowadził kilkuletni eksperyment, który na trwałe zapisał się w historii nauki. W wazonie zawierającym porcję wysuszonej gleby, zwilżanej następnie w toku eksperymentu wodą deszczową, umieszczono gałąź wierzby. Drzewo, które rozwinęło się po pięciu latach, było o 73 kg cięższe od macierzystej gałęzi, jednak masa gleby pozostała niemal niezmieniona. Van Helmont wnioskował, że jedynym czynnikiem odżywczym dla roślin jest woda. To

zdumiewające, jak zasadniczo przełomowy był ten — niestety nieprawdziwy — wniosek. Po raz pierwszy wykazano, że sposób odżywiania się roślin jest odmienny od zwierzęcego. Badania przeprowadzone w końcu XVIII wieku przez Priestleya, Ingenhousza, Senebiera i de Saussure'a dowiodły, że roślinny sposób odżywiania obejmuje także (poza pobieraniem wody) wiązanie atmosferycznego CO₂ oraz wydzielanie O₂ i jest ściśle uwarunkowany dopływem światła. Kiedy Mayer (1845) stwierdził, że

energia światła jest przez rośliny przekształcana w energię chemiczną, a Sachs (1862) zauważył, że identyfikowalnym chemicznie produktem odżywiania roślin na świetle jest skrobia, powstały warunek do sformułowania następującego równania podsumowującego roślinne procesy odżywcze:



Proces zamknięty tym równaniem nazwano „fotosyntezą” korzystając z greckiego źródłosłowu (*photos* — światło, *synthesis* — budowanie). Przebieg przemian fotosyntetycznych prowadzących od prostych nieorganicznych substratów (CO_2 , H_2O) do skomplikowanych cukrów pozostawał przez całe niemal stulecie nieznan. Dopiero prace przeprowadzone w latach czterdziestych i pięćdziesiątych naszego wieku umożliwiły bezprecedensową eksplozję badań fotosyntetycznych. Wyjaśnienie i zrozumienie mechanizmów, a także organizacji strukturalnej aparatu przeprowadzającego ten podstawowy proces biosyntetyczny, od którego zależy kontynuacja życia na Ziemi, jest jednym z najdonioślejszych wydarzeń nauki XX wieku.

JAK ZORGANIZOWANE SĄ STRUKTURY ANTENOWE I CENTRA REAKCJI FOTOSYNTETYCZNYCH?

Organizmy fotosyntetyczne, tzn. rośliny wyższe, glony i niektóre bakterie mają zdolność wykorzystywania energii światła do produkcji podstawowych związków organicznych drogą przekształcenia energii promieniowania słonecznego w energię chemiczną (świetlna faza fotosyntezy). Energia chemiczna jest z kolei wykorzystywana w reakcjach enzymatycznych do asymilacji atmosferycznego CO_2 , tzn. włączania go w organiczne związki węgla (ciemniowa faza fotosyntezy, co oznacza, że jej przebieg nie jest tak ściśle uzależniony od dopływu energii promieniowania słonecznego jak w przypadku fazy świetlnej).

Zwierzęta nie mogą korzystać bezpośrednio z energii słonecznej, zdobywają energię zjadając pokarm roślinny lub zjadając zwierzęta roślinożerne — światło słoneczne jest zatem źródłem energii dla wszystkich form życia na naszej planecie.

Komórki wszystkich organizmów fotosyntetycznych posiadają kilka rodzajów barwników zdolnych do absorbowania promieniowania słonecznego w widzialnym zakresie widma i inicjowania w ten sposób fazy świetlnej fotosyntezy. Znane są trzy grupy barwników fotosyntetycznych: chlorofile, karotenoidy i fikobiliny (chlorofile i karotenoidy występują u wszystkich grup organizmów fotosyntetyzujących, fikobiliny zaś znaleziono tylko u niektórych krasnorostów i cyjanobakterii). Chlorofile szczególnie wydajnie absorbują światło fioletowo-niebieskie i pomarańczowo-czerwone, karotenoidy fioletowo-niebieskie, a światło zielone i żółto-pomarańczowe jest przez obie grupy barwników absorbowane bardzo słabo. Oznacza to, że światło zielone i żółto-pomarańczowe jest dla roślin wyższych i glonów nieaktywne fotosyntetycznie, ponieważ organizmy te nie dysponują barwnikami zdolnymi do absorpcji takiego światła i przekształcenia jego energii w energię chemiczną. W 1932 roku Emerson i Arnold (Uniwersytet Illinois, USA) jako pierwsi wysunęli tezę o zespołowym działaniu cząsteczek chlorofilu. W



Ryc. 1. Kiedy organizmy żywe opanowały umiejętność konwersji energii promienistej słońca w energię chemiczną? Ślady działalności życiowej bakterii fotosyntetyzujących (stromatolity) stwierdza się w skałach liczących 3,5 mld lat, a glonów prowadzących fotosyntezę oksygeniczną w skałach sprzed 2,5 mld lat. Około 1,7 mld lat temu intensywność procesów fotosyntetycznych stała się tak znaczna, że nastąpiła akumulacja O_2 w atmosferze ziemskiej (0,005-0,05%), dotąd beztlenowej. Dalsza ewolucja organizmów fotoautotroficznych doprowadziła do powstania ok. 500 000 gatunków roślinnych współcześnie egzystujących, zachwycających różnorodnością barw (a, b) i kształtów (c).

myśl tej tezy większość czynnych fotosyntetycznie barwników pełni kolektywnie funkcję antenową, tj. zbiera energię promienistą i przekazuje ją do wyspecjalizowanych, bardzo nielicznych cząsteczek chlorofilu — centrów fotochemicznych. Dziś wiadomo, że ponad 99% barwników organizmów fotosyntetycznych to barwniki antenowe. Barwniki nie pełnią swoich funkcji antenowych i fotochemicznych w czystej chemicznie postaci, lecz ściśle związane ze specyficznymi białkami w formie zróżnicowanych kompleksów barwnikowo-białkowych.

Kompleksy barwnikowo-białkowe zostały wykryte w 1966 roku dzięki pracom zespołu Ogawy (Uniwersytet Tokijski, Japonia), a w połowie lat siedemdziesiątych ugruntowało się przekonanie, że cały chlorofil jest zasocjowany ze specyficznymi białkami (ale nie na odwrót! — dużo białek tylakoidowych nie wiąże się z chlorofilem ani z innymi barwnikami fotosyntetycznymi). W ciągu ostatniego dwudziestolecia zidentyfikowano kompleksy pełniące funkcję anten energetycznych współpracujących z fotosystemem II (PS II) lub fotosystemem I (PS I) oraz kompleksy centrów reakcji PS I i PS II. Anteny energetyczne, reprezentujące zespół kompleksów zawierających chlorofil *a*, chlorofil *b* i ksantofile zasocjowane w określonych stosunkach stechiometrycznych z silnie hydrofobowymi białkami, zorganizowane są w skomplikowaną strukturę supramolekularną, wewnątrz której poszczególne anteny przypisuje się położenie mniej lub bardziej peryferyczne wobec kompleksów centrów reakcji. Określony skład biochemiczny i organizacja strukturalna poszczególnych anten jak również ich przestrzena aranżacja w obrębie struktury fotosystemów czynią z anten energetycznych niezwykle wydajny system ukierunkowanego w stronę centrów reakcji transferu energii. Kompleksy centrów reakcji, dorównujące stopniem komplikacji strukturalom anten energetycznych to zespoły barwnikowo-białkowe zawierające chlorofil *a*, β -karoten, szereg kofaktorów nieorganicznych (Fe^+ , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Cl^-) i kilka przekaźników oksydoredukcyjnych zasocjowanych z silnie hydrofobowymi białkami. Najistotniejszym elementem strukturalnym kompleksów centrum reakcji są wyspecjalizowane cząsteczki chlorofilu *a*, posiadające umiejętność inicjowania, po przejściu stanu wzbudzenia transferowanego przez struktury antenowe, sekwencji reakcji oksydoredukcyjnych, którym to reakcjom towarzyszy powstanie NADPH_2 i ATP, metabolitów, których akumulacja warunkuje następne etapy fotosyntezy, tzn. asymilację CO_2 . Wyjątkowość funkcji cząsteczek chlorofilu — centrów reakcji (nazywanych P-680 w przypadku PS II i P-700 w przypadku PS I) ma podłoże w specjalnej strukturze. P-680 i P-700 są dimerami cząsteczek chlorofilu *a*, a każda z pary cząsteczek jest najprawdopodobniej epimerem „normalnego” chlorofilu *a*.

JAK PRZEKAZYWANA JEST ENERGIA WZBUDZENIA?

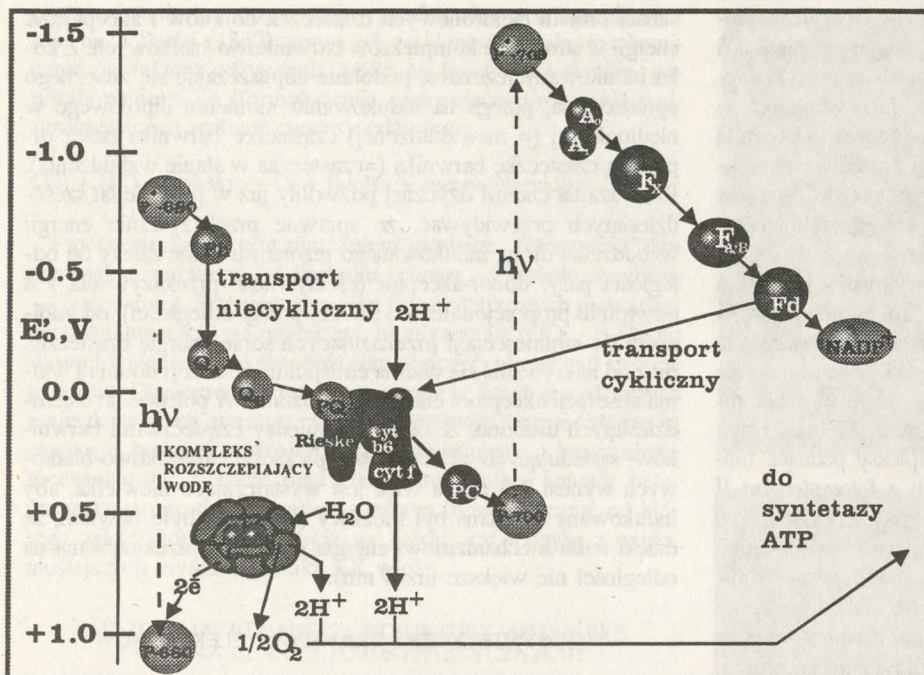
Absorpcja kwantów światła przez cząsteczkę barwnika pełniącą funkcję antenową powoduje przejście jego elektronów z jednej orbity stacjonarnej na inną, a cząsteczka, w której do tego doszło, przechodzi w stan wzbudzenia. Stan wzbudzenia elektronowego, przekazywany sąsiadującym cząsteczkom barwników antenowych, ostatecznie trafia do centrum reakcji. Dopiero kilka lat temu ustalono, że transfer stanu wzbudzenia odbywa się z wykorzystaniem dwóch mechanizmów. Wzbudzenie zainicjowane absorpcją fotonu przemieszcza się w obrębie pojedynczego kompleksu barwnikowo-białkowego drogą migracji ekscytynu, natomiast przekazywanie energii pomiędzy współpracującymi kompleksami odbywa się z wykorzystaniem indukowanego rezonansu (forsterowskiego). Migracja ekscytynu — jeśli dopuścimy się znacznego uproszczenia — polega na wędrówce pary: wzbudzony elektron-„dziura” poprzez poszczególne cząsteczki barwników antenowych. Wędrówka ta jest możliwa dzięki bli-

kości orbitali elektronowych cząsteczek donorów i akceptorów energii w strukturze kompleksów barwnikowo-białkowych. Z kolei indukowany rezonans, podobnie dopuszczając się znacznego uproszczenia, polega na indukowaniu momentu dipolowego w niedipolowej (= niewzbudzonej) cząsteczce barwnika przez dipolową cząsteczkę barwnika (=cząsteczka w stanie wzbudzenia). Rozważania chemii fizycznej pozwoliły już w połowie lat sześćdziesiątych przewidywać, że sprawne przekazywanie energii wzbudzenia drogą indukowanego rezonansu ściśle zależy od odległości pary: donor-akceptor (efektywność przekazywania jest odwrotnie proporcjonalna do szóstej potęgi odległości), od zdolności do luminescencji przekazujących sobie energię cząsteczek oraz od nakrywania się widma emisji luminescencji donora i widma absorpcji akceptora energii wzbudzenia. W połowie lat osiemdziesiątych ustalono, że odległość między cząsteczkami barwników sąsiadujących ze sobą kompleksów barwnikowo-białkowych wynosi 2-3 nm, a więc jest wystarczająco niewielka, aby indukowany rezonans był możliwy (wiadomo było bowiem, że dzięki temu mechanizmowi energia może być przekazywana na odległości nie większe niż 8 nm).

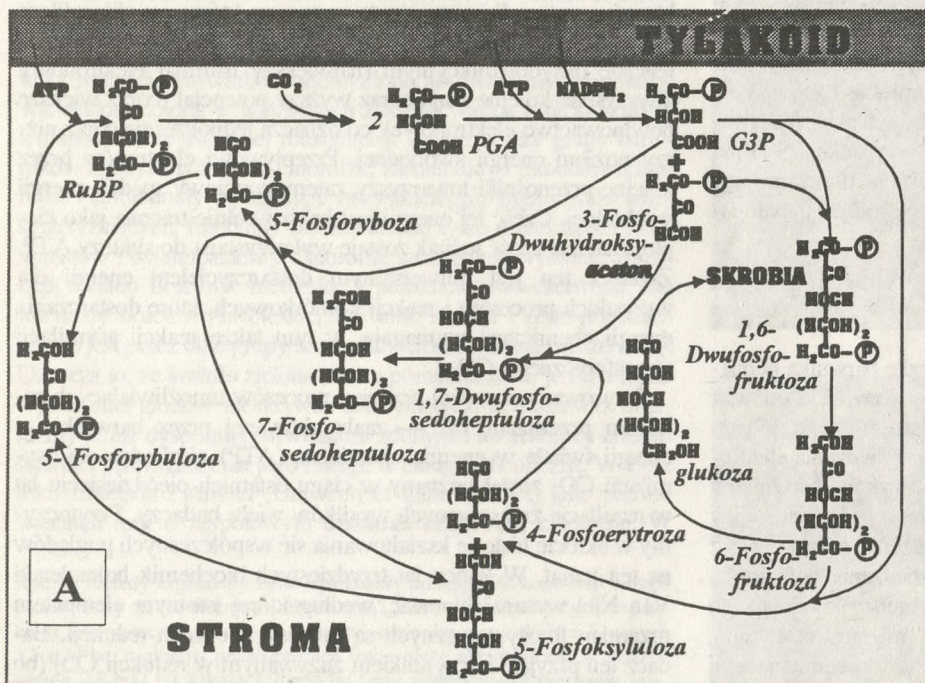
FOTOSYNTETYCZNY TRANSPORT ELEKTRONÓW

Wzbudzenie energią przekazaną przez struktury antenowe nadaje aktywnej fotochemicznie cząsteczce chlorofilu (P-680, P-700) zdolność do przekazania elektronu do pierwotnego akceptora. Przekazanie elektronu do akceptora zamyka interwał fotosyntezy obejmujący procesy związane ze zdobywaniem energii wzbudzenia i jej transferem do centrum reakcji, a jednocześnie przekazanie elektronu otwiera następną serię reakcji, jaką jest fotosyntetyczny transport elektronów przez szereg związków wykazujących charakterystyczny nadmiar elektronów (dotyczy to donorów elektronów) lub powinowactwo elektronowe (dotyczy to akceptorów elektronów). Miarą nadmiaru lub powinowactwa elektronowego poszczególnych przekaźników jest fizyko-chemiczny parametr — potencjał oksydoredukcyjny. Przenośniki elektronów uporządkowane są w szereg, w którym z chlorofilem -centrum fotochemicznym sąsiaduje przekaźnik o najniższym potencjale oksydoredukcyjnym (największy nadmiar elektronów), a wszystkie kolejne mają coraz wyższy potencjał (coraz większe powinowactwo elektronowe), co oznacza jednocześnie coraz niższy poziom energii swobodnej. Przepływowi elektronów przez kolejne przekaźniki towarzyszy zatem stopniowy spadek energii swobodnej. Część tej energii jest bezpowrotnie tracona jako ciepło, znaczna część jednak zostaje wykorzystana do syntezy ATP. Związek ten jest uniwersalnym dostarczycielem energii dla wszystkich procesów i reakcji komórkowych, które dostarczania energii chemicznej wymagają, w tym także reakcji asymilacji atmosferycznego CO_2 !

Zarysowany powyżej przebieg procesów umożliwiających roślinom przekształcenie — zaabsorbowanej przez barwniki — energii światła w energię chemiczną (ATP) niezbędną dla asymilacji CO_2 został poznany w ciągu ostatnich pięćdziesięciu lat w rezultacie zmasowanych wysiłków wielu badaczy. Przypieczmy w skrócie historię kształtowania się współczesnych poglądów na ten temat. W końcu lat trzydziestych biochemik holenderski Van Niel wysunął hipotezę, według której istotnym elementem przemian fotosyntetycznych są procesy utleniania-redukcji. Badacz ten przyjął, że czynnikiem zużywanym w redukcji CO_2 (bo asymilacja CO_2 oznacza zarazem redukcję CO_2 do cukrów) są elektrony pochodzące z rozkładu wody. Hipotezę Van Niele potwierdziły wyniki doświadczeń angielskiego biochemika Hilla (1939), który doniósł, że zawiesina izolowanych chloroplastów (chloroplasty, to organelle komórek roślinnych przeprowadzające



Ryc. 2. Schemat fotosyntetycznego transportu elektronów u roślin wyższych i glonów. Schemat ten wywodzi się od słynnej koncepcji „Z” Hilla i Bendalla (1960), nazwanej tak z powodu podobieństwa do litery „Z”, linii łączącej poszczególne przenośniki PSII i PSI. Po lewej stronie schematu umieszczono skalę potencjałów oksydoredukcyjnych (E'_0 wyrażonych w Voltach) w taki sposób, że przenośniki o niskim potencjale (tzn. o dużym nadmiarze elektronów) umieszczone są wyżej na skali. Częsteczki chlorofilu stanowiące centra fotochemiczne PS II i PS I oznaczono odpowiednio P-680 i P-700. W sąsiedztwie P-680 dochodzi do rozszczepienia wody w myśl równania: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$. Uwolnione w rezultacie tego rozszczepienia elektrony uzupełniają „dziurę” w P-680 powstałą na skutek transportu elektronów P-680 w kierunku PSI. Plastochinon (PQ) jest wyjątkowym ogniwem łańcucha transportu, przenosi bowiem nie tylko elektrony w kierunku PSI, ale także protony ze stromy do wnętrza tylakoidu. Gromadzenie protonów wewnątrz tylakoidów umożliwia syntezę ATP, a ten skomplikowany proces przeprowadza kompleks syntazy ATP. Ph - feofityna; QA, QB – plastochinon związany z białkami błonowymi; PQ – plastochinon niezwiązany; Rieske - białko należące do kompleksu cyt b_6/f ; PC – plastocyanina; A_0 , A_1 – przenośniki PS I, prawdopodobnie specjalne cząsteczki chlorofilu a, F_x , F_A/B – przenośniki PSI, centra żelazowo-siarkowe; F_d – ferredoksyna.



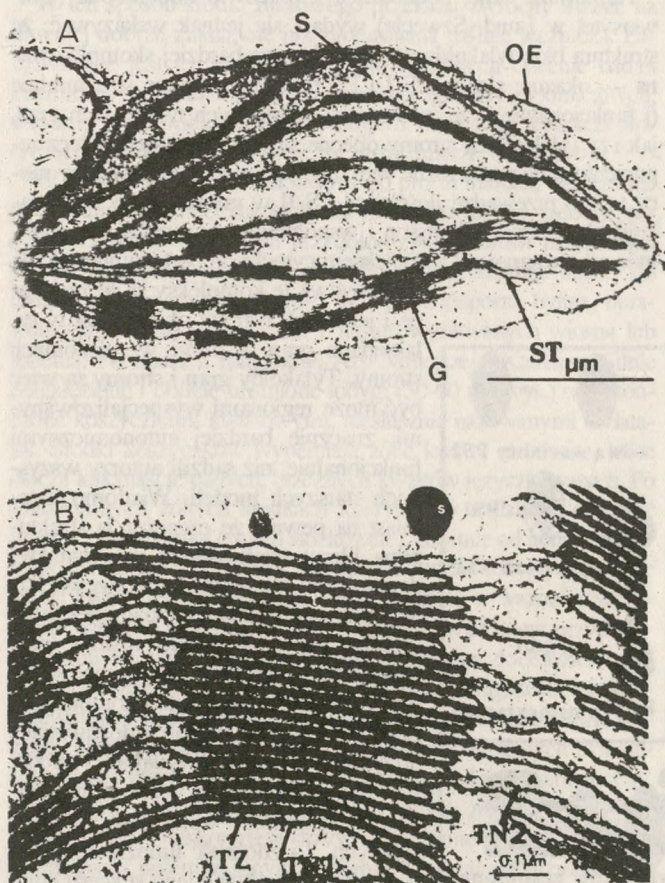
Ryc. 3. Schemat szlaku C_3 asymilacji CO_2 . Przyjmuje się, że asymilacja, czyli włączanie CO_2 w organiczne związki węgla obejmuje cztery zasadnicze fazy, a mianowicie: 1) karboksylację RuBP, w rezultacie której powstaje PGA, 2) redukcję PGA do poziomu cukrów (przekształcenie $PGA \rightarrow G3P$), 3) syntezę glukozy i innych produktów końcowych, 4) regenerację RuBP, obejmującą większość reakcji pokazanych na rysunku (przekształcenie $G3P \rightarrow RuBP$).

całość procesów fotosyntetycznych) produkuje O_2 pod warunkiem obecności w tej zawieszinie związków, które mogą pełnić funkcję sztucznego akceptora elektronów. W latach pięćdziesiątych wykazano (Arnon, Allen i Whatley, Uniwersytet Kalifornijski, USA), że izolowane chloroplasty syntetyzują ATP, a dokonują tego z wykorzystaniem tzw. fosforylacji niecyklicznej i cyklicznej. Fosforylacja niecykliczna jest procesem, w którym obok ATP produkowany jest O_2 , a elektrony uwolnione w rezultacie rozkładu wody (rozkład ten prowadzi także do powstania O_2) przenoszone są na NADP ulegający redukcji do $NADPH_2$ (NADP to fosforan dwunukleotydu nikotynamidoadeninowego, związek uczestniczący w wielu komórkowych reakcjach utleniania/redukcji). Fosforylacja cykliczna natomiast, to proces syntezy ATP, któremu nie towarzyszy powstawanie innych produktów. W latach pięćdziesiątych wiadomo już było, że ATP może także powstawać w procesach oddychania mitochondrialnego (w ciemności) i że jest to związane z transportem elektronów przez układ przenośników (łańcuch oddechowy) o coraz wyższym potencjale oksydoredukcyjnym, a jednym z przenośników jest NAD, związek o bardzo podobnych do NADP strukturze i funkcjach. Wspomniany badacz amerykański Arnon przyjął intuicyjnie, że w chloroplastach może funkcjonować podobny łańcuch przenośników i że to on właśnie stanowi podłoże reakcji utleniania/redukcji przewidywanych przez Van Niele. Intuicja nie zawiodła Armona — badania prowadzone w latach sześćdziesiątych pozwoliły na udowodnienie istnienia w chloroplastach kompleksów funkcjonalnych nazwanych fotosystemami zespołowo przeprowadzających transport elektronów, czemu towarzyszy synteza ATP. Jeden z tych kompleksów — fotosystem II (PS II) okazał się być zaangażowany w uwalnianie O_2 , drugi zaś — fotosystem I (PS I) w redukcję NADP oraz fosforylację cykliczną. Tożsamość chemiczną przenośników należących do obu fotosystemów oraz kolejność, w jakiej transportują elektrony rozszyfrowano w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych, przy czym kluczową rolę odegrała koncepcja opracowana jeszcze w 1960 roku przez angielskich badaczy Hilla i Bendalla. Jej uzupełnianie i uściślanie doprowadziło do wyłonienia współczesnego schematu (ryc. 2). Przyjmuje się, że w niecyklicznej fosforylacji uczestniczą oba fotosystemy w taki sposób, że PS II (odpowiedzialny za rozkład wody)

przekazuje elektrony do PS I, a ten transportuje je do NADP. „Mostkiem” spajającym PS I i PS II jest grupa kilku przenośników i związanych z nimi białek strukturalnych składających się na odrębny (w stosunku do obu fotosystemów) kompleks funkcjonalny — cytochrom b6/f. PS I może także transportować elektrony w sposób cykliczny, tzn. z wykorzystaniem P-700 jako pierwotnego donora i zarazem końcowego akceptora. Sprzęgnięcia transportu elektronów z syntezą ATP dokonuje inny kompleks funkcjonalny chloroplastów — synteza ATP. ATP i NADPH₂ są najistotniejszymi produktami fazy świetlnej fotosyntezy — ich akumulacja warunkuje asymilację CO₂.

ASYMILACJA CO₂

Funkcjonowanie szlaku asymilacji CO₂ aż do lat czterdziestych naszego stulecia pozostawało „czarną skrzynką”. Przełomowym momentem stało się odkrycie, a następnie udostępnienie w handlowych ilościach związków zawierających trwały izotop węgla (¹⁴C), w tym radioaktywnego CO₂ (¹⁴CO₂). Podając naświetlanej przez krótkie okresy czasu zawieszinie glonów *Chlorella* radioaktywny CO₂, a następnie analizując pojawianie się radioaktywnego węgla w różnych substancjach komórkowych, można było



Ryc. 4. Budowa wewnętrzna chloroplastu. Fotografia A, uzyskana w mikroskopie elektronowym, przedstawia wewnętrzną strukturę chloroplastu miększu liścia. Chlorofil zawarty jest w systemie spłaszczonych, pęcherzykowatych tylakoidów. Część tylakoidów uformowana jest na podobieństwo stosu monet w ciemnozielone regiony — grana (G), część zaś pojedynczo przenika bezbarwną macierz chloroplastową zwaną stromą (S). Tylakoidy pojedynczo przenikające stromę nazywane są tylakoidami stromy (ST). Chloroplast otacza podwójna błona — otoczka (OE), podobnie jak stroma pozbawiona barwników fotosyntetycznych. Fotografia B, przedstawiająca w powiększeniu fragment rejonu gran, ujawnia istnienie w stosach granowych tylakoidów zespolonych (TZ) i niezespolonych (TN1). Tylakoidami niezespolonymi są także tylakoidy stromy (TN2).

określić, które związki i w jakiej kolejności włączają CO₂ po rozpoczęciu naświetlania. Dzięki takim i podobnym doświadczeniom szlak asymilacji CO₂ został w zasadniczych rysach naszkicowany w latach 1946-1953 przez Calvina i Bensona (Uniwersytet Kalifornijski, Berkeley, USA). Pierwszym etapem okazała się być karboksylacja rybulozo-1,5-dwufosforanu (RuBP jest zatem pierwotnym akceptorem CO₂), a jej pierwszym stabilnym produktem kwas 3-fosfoglicerynowy (PGA). W historycznych już doświadczeniach Calvin i Benson stwierdzili, iż eksponowany na ¹⁴CO₂ glon *Chlorella* wbudowuje radioaktywność do PGA już po okresach fotosyntezy krótszych niż 5s. PGA ulega redukcji do aldehydu 3-fosfoglicerynowego (G3P), związku, w którym węgiel jest zredukowany tak jak w cukrach (jest to właściwie fosfotrioza). Przekształcenie PGA w G3P jest tą właśnie reakcją, która angażuje w charakterze substratów NADPH₂ i ATP nagromadzone w fazie świetlnej fotosyntezy! Część powstałego G3P jest kierowana do syntezy glukozy, część zaś wchodzi w ciąg reakcji odtwarzających RuBP, niezbędny dla dalszej asymilacji CO₂ (ryc. 3).

Przez kilkanaście lat sądzono, że istnieje tylko jeden szlak asymilacji CO₂, opisany powyżej. W latach 1960-1965 Hatch i Slack (Instytut Brytyjskiej Wspólnoty Narodów, Canberra, Australia) stwierdzili, że trzcina cukrowa wyłamuje się z reguły cyklu Calvina-Bensona, pierwszym bowiem etapem wiązania CO₂ jest u tej rośliny karboksylacja kwasu fosfoenolopirogronowego prowadząca do powstania kwasu szczawiooctowego (OXA). Występowanie tego typu karboksylacji potwierdzono w latach siedemdziesiątych dla szeregu innych gatunków roślinnych, głównie traw tropikalnych i pustynnych. Wszystkie te rośliny charakteryzują się wspólną cechą, odnoszącą się do budowy liścia — wiązki naczyniowe otoczone są przez warstwę komórek pochwy wokółwiązkowej oraz warstwę komórek mezofilu. Ta budowa, jak się okazało, stanowi adaptację do specyficznego typu asymilacji CO₂. Opisana już karboksylacja prowadząca do syntezy OXA zachodzi w komórkach mezofilu, gdzie OXA jest redukowany do kwasu jabłkowego, a ten transportowany jest do komórek pochwy wokółwiązkowej. Tutaj dochodzi do dekarboksylacji kwasu jabłkowego, a powstały CO₂ zostaje włączony w organiczne związki węgla z udziałem enzymów cyklu Calvina-Bensona rezydujących w chloroplastach komórek pochwy wokółwiązkowej. Komórki te izolowane są od atmosfery zewnętrznej i dekarboksylacja kwasu jabłkowego jest dla nich je ynym źródłem CO₂. Dekarboksylacja kwasu jabłkowego prowadzi ponadto do powstania NADPH₂ wykorzystywanego następnie w cyklu Calvina-Bensona — chloroplasty komórek pochwy wokółwiązkowej dysponują w związku z tym dość zdumiewającą, na pierwszy rzut oka, adaptacją, polegającą na braku PS II (bo NADPH₂ produkowany normalnie przy współudziale PS II zastępowany jest przez NADPH₂ — produkt dekarboksylacji kwasu jabłkowego).

Szlak odkryty przez Calvina i Bensona bywa nazywany szlakiem C₃ ze względu na fakt, iż pierwszym stabilnym produktem asymilacji CO₂ jest PGA, związek zawierający trzy atomy węgla. Szlak Hatcha-Slacka nazywany jest szlakiem C₄, ponieważ pierwszy stabilny produkt asymilacji CO₂ — OXA jest związkiem czterowęglowym.

Niektóre sukulenty dysponują, co stwierdzono w latach siedemdziesiątych, jeszcze innym torem wiązania CO₂. Asymilują mianowicie w ciemności przy wykorzystaniu szlaku Hatcha-Slacka. Powstały wówczas w dużych ilościach kwas jabłkowy ulega na świetle (w ciągu dnia) dekarboksylacji, a powstały CO₂ łączy się z RuBP w cyklu Calvina-Bensona przy wykorzystaniu ATP i NADPH₂ gromadzących się w trakcie realizacji reakcji świetlnych.

ARCHITEKTURA APARATURY FOTOSYNTETYCZNEJ

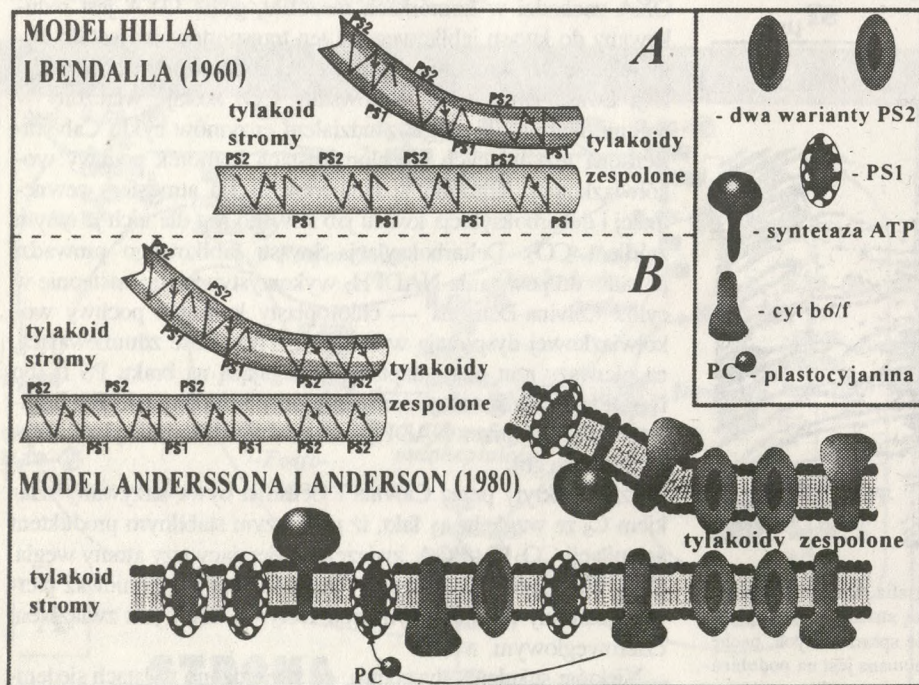
Organellami skupiającymi w sobie struktury i funkcje fotosyntezy są chloroplasty, zielone, soczewkowskkształtne ciała o średnicy 4-10 μm obecne w cytoplazmie wszystkich zdolnych do fotosyntezy komórek roślin wyższych i glonów. Jedyną znaną reakcją fotosyntetyczną zachodzącą poza chloroplastami jest karboksylacja kwasu fosfoenolopirogronowego u roślin prowadzących szlak C₄; sądzi się, że ma ona miejsce w cytoplazmie komórek mezofilu, w pobliżu otoczki chloroplastowej. Fotosyntetyczną funkcję przypisał chloroplastom już w 1880 roku niemiecki badacz Engelmann, jednak musiało upłynąć wiele lat, zanim zbadał ich strukturę wewnętrzną i podjęto próby jej powiązania z wiedzą na temat przebiegu fazy świetlnej i ciemniowej fotosyntezy. Jak to widać na obrazach uzyskanych spod mikroskopu elektronowego (ryc. 4A), istnieją trzy główne przedziały strukturalne chloroplastów: otoczka, stroma i błony tylakoidowe. Przedziały te różnią się także funkcjonalnie. Asymilacja CO₂ odbywa się w stromie, jednak ATP i NADPH₂ trafiają do stromy z innego przedziału chloroplastu — spłaszczonych, pęcherzykowatych tylakoidów. To w nich rozgrywa się wszystkie wydarzenia związane z fazą świetlną fotosyntezy. Tylakoidy składają się zasadniczo z dwóch komponentów, tj. połączonych w rodzaj stosów tylakoidów gran i łączących je tylakoidów stromy. Można też mówić o tylakoidach zespolonych (obejmujących te spośród tylakoidów gran, których zewnętrzna powierzchnia pozostaje w ścisłym kontakcie z sąsiednimi) oraz niezespolonych (których zewnętrzna powierzchnia pozostaje w kontakcie ze stromą — ryc. 4B).

Synteza ATP i NADPH₂ wymaga zgodnej kooperacji kilku kompleksów funkcjonalnych (PS I, PS II, kompleks cytochrom b₆/f, synteza ATP), których rozmieszczenie w obrębie silnie zróżnicowanego systemu błon tylakoidowych musi taką kooperację czynić

efektywną. Trudno byłoby zatem domyśleć się, a jeszcze trudniej dostrzec sens faktu, że istnieje asymetria rozmieszczenia tych kompleksów w poszczególnych rejonach błon tylakoidowych. W każdym razie istnienia takiej asymetrii z całą pewnością nie domyślali się Hill i Bendall ogłaszając swój schemat fotosyntetycznego transportu elektronów. W tym czasie wydawało się bowiem oczywiste, że wszystkie kompleksy funkcjonalne powinny być skupione w domenach strukturalnych równomiernie rozrzuconych w systemie tylakoidowym (ryc. 5A). A jednak już w drugiej połowie lat sześćdziesiątych stwierdzono, że frakcje wzbogacone w PS I i wzbogacone w PS II (uzyskane drogą fragmentacji błon tylakoidowych działaniem mechanicznym lub detergentami i rozdzieleniu otrzymanych fragmentów przez ultrawierowanie) pochodzą z różnych rejonów tylakoidów. Dokładniejsze pomiary rozmieszczenia PS I i PS II przeprowadzone na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych doprowadziły do stworzenia modelu (ryc. 5B) niemal całkowitej segregacji fotosystemów (całość PS I w tylakoidach stromy a PS II w większości w zespolonych tylakoidach gran). Wyobrażano sobie, że współpraca PS I i PS II w niecyklicznym transporcie elektronów jest możliwa, mimo przestrzennej izolacji fotosystemów, dzięki dyfuzji zredukowanej plastocyjaniny (patrz schemat „Z”) w obrębie światła tylakoidu z rejonu gran do rejonu tylakoidów stromy.

Najnowsze dane, pochodzące z pracowni Albertssona (Uniwersytet w Lund, Szwecja) wydają się jednak wskazywać, że struktura błon tylakoidowych jest jeszcze bardziej skomplikowana — okazuje się, że PS I i PS II są heterogenne strukturalnie (i funkcjonalnie) i że zarówno w zespolonych tylakoidach gran, jak i w tylakoidach stromy obecne są oba fotosystemy, lecz reprezentowane przez różne warianty, jakkolwiek pozostaje w mocy teza o przewadze ilościowej PS II w granach i PS I w tylakoidach stromy. Albertsson i współpracownicy sądzą, że podobnie ma się sprawa z kompleksem cytochrom b₆/f i syntazą ATP,

tzn. obydwa te kompleksy są heterogenne i jeden ich wariant obecny jest w tylakoidach gran, a drugi w tylakoidach stromy. Tylakoidy gran i stromy są więc być może regionami wyspecjalizowanymi, znacznie bardziej autonomicznymi funkcjonalnie, niż sądzili autorzy wszystkich starszych modeli. Wiadomo natomiast na pewno, że organizacja strukturalna błony tylakoidowej ma charakter dynamiczny, tzn. różne bodźce zewnętrzne, takie jak natężenie i skład spektralny światła docierającego do rośliny, oraz temperatura otoczenia mogą modyfikować rozmieszczenie i skład kompleksów funkcjonalnych w sposób umożliwiający utrzymanie wysokiej wydajności procesów fotosyntetycznych w szerokim przedziale zmienności warunków środowiskowych. Ta zdolność umożliwiła roślinom odniesienie wielkiego sukcesu ewolucyjnego wyrażającego się opanowaniem bardzo zróżnicowanych stanowisk ekologicznych: od palonych słońcem pustyni do głęboko cienistego wnętrza lasów tropikalnych.



Ryc. 5. Ewolucja poglądów na temat rozmieszczenia kompleksów funkcjonalnych w obrębie systemu błon tylakoidowych. W latach sześćdziesiątych wyobrażano sobie, że struktury obejmujące PS I i PS II są równomiernie rozmieszczone we wszystkich rejonach tylakoidów (A). Natomiast według powszechnie dziś akceptowanego modelu (B) PS I zlokalizowany jest wyłącznie w tylakoidach niezespolonych, zaś PS II (reprezentowany przez dwa warianty nieco różniące się co do struktury i funkcji) zarówno w tylakoidach zespolonych, jak i niezespolonych (ale nierównomiernie). Kompleks cytochrom b₆/f występuje z jednakową częstotliwością we wszystkich typach tylakoidów.

Wpłynęło 12 XI 1993

Dr Grzegorz Jackowski jest adiunktem przy Zakładzie Fizjologii Roślin Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu

WANDA KISIEL (Kraków)

ZŁOCIEN MARUNA I MIGRENA

Pod koniec lat 70. poruszenie i sceptycyzm w kręgach medycznych wzbudziły publikacje prasowe w Anglii na temat powszechnego i niekontrolowanego, ale zbawionego na skutkach, stosowania liści złocienia maruny *Chrysanthemum parthenium* (L.) Bernh., syn. *Tanacetum parthenium* (L.) Sch. Bip., w artretyzmie i łuszczycy, a zwłaszcza w migrenie, w przypadkach, gdy leczenie konwencjonalne okazało się nieskuteczne.

W 1983 roku przeprowadzono nawet ankietę wśród 270 pacjentów, cierpiących na uporczywe migreny, zdiagnozowane przez lekarzy, którzy poddali się takiej kuracji spożywając codziennie przez dłuższy czas (średnio 2,5 roku) 2 duże lub 4 małe świeże liście rośliny (ca 50 mg sproszkowanego surowca). Kuracja nie przyniosła spodziewanych efektów u 28 % ankietowanych, pozostali (72 %) zaobserwowali wyraźne zmniejszenie częstotliwości i siły ataków migreny oraz towarzyszących im symptomów lub ataki te minęły zupełnie (u 1/3). Jednakże próby zaprzestania kuracji zakończyły się u wszystkich nawrotem bólu w jego pierwotnej postaci, w przeciągu 1-2 tygodni.

W ten sposób środki masowego przekazu zwróciły uwagę na dawniej dobrze znaną, ale już zapomnianą roślinę leczniczą. Zaskakujące jest to, że w świetle prowadzonych obecnie badań chemicznych, biochemicznych, farmakologicznych i klinicznych, ustalane przez wieki na drodze empirii wskazania lecznicze dotyczące tej rośliny wydają się w dużej mierze uzasadnione.

W Polsce złocien maruna, zwany po prostu maruną, nie figuruje w rejestrach roślin leczniczych, ale jest znaną rośliną ozdobną, sadzoną często w ogródkach przydomowych. Maruna przypomina swoim wyglądem rumianek pospolity i jak rumianek należy do rodziny złożonych (Asteraceae). Jest mrozoodporną byliną, uprawianą jak roślina jednoroczna z nasion wysiewanych wiosną lub jesienią. Pochodzi z Bałkanów, Azji Mniejszej i Kaukazu. Silnie rozgałęzione i obficie ulistnione łodygi (30-60 cm wys.) są zakończone koszyczkami kwiatowymi, niesłusznie nazywanymi kwiatami. Środki koszyczków wypełniają żółte kwiaty rurkowate, które otacza kilkanaście białych, brzeźnych kwiatów języczkowatych. Po spłaszczonych żółtych środkach koszyczków najłatwiej odróżnić marunę od rumianku (środki stożkowate). Kwitnie od końca czerwca do września, a ponieważ ma zwykle mocne łodygi, nadaje się też na kwiat cięty, zachowując długo świeżość wazonie. Szczególnie ozdobne są odmiany pełne, których kwiatostany przypominają miniaturowe chryzantemy oraz odmiany ze złocistozielonymi liśćmi. Pierzastosieczne liście mają odcinki podługowate lub podługowato-jajowate, wcinane lub tępo ząbkowane. Cała roślina wydzielająca charakterystyczny zapach pochodzący od lotnych składników olejku eterycznego. Zapach suszonych liści jest tak mocny, że należy je przechowywać z dala od innych ziół.

Od czasów Dioskorydesa stosowano marunę przeciw gorączce i uprawiano razem z innymi ziołami w ogrodach przyklasztornych. Zalecano użycie liści lub naparów z rośliny w bólach głowy i migrenie oraz w bólach różnego pochodzenia, zaznaczając przy tym, że w przypadku migreny kuracja przynosi ulgę tylko tym cierpiącym, którym nie pomagają zimne okłady na głowę. W 1772 roku J. Hill w swoim *Zielniku Rodzinnym* uznał marunę za najlepszy ze wszystkich środków przeciw migrenie. Nazywano też roślinę zielem dla kobiet, bo leczyła choroby kobiecych dróg rodnych, regulowała menstruację, była pomocna przy groźbie poronienia i kłopotach w porożu. Ponadto miała być maruna skutecznym środkiem przeciwko melancholii, uczuciu smutku i niechęci do kontaktów słownych z otoczeniem.

Współcześnie zwrócono uwagę na podobieństwo w stosowaniu maruny i kory wierzby. Obecne w korze glikozydy fenolowe ulegają w organizmie przemianom prowadzącym do powstania kwasu salicylowego, o działaniu przeciwgorączkowym, przeciwbólowym i przeciwzapalnym. Kwas ten jest prekursorem dobrze wszystkim znanego leku — aspiryny (kwas acetylosalicylowy) oraz całej grupy niesteroidowych leków przeciwzapalnych, zwanych salicylanami (nota bene od łacińskiej nazwy wierzby *Salix* sp.). Stąd też zrodził się pomysł sprawdzenia, czy maruna jest słusznie uważana za aspirynę XVIII w.



Jak wiadomo, aspiryna hamuje aktywność enzymu cyklooksygenazy, biorącego udział w przemianach kwasu arachidonowego, w wyniku których powstają m.in. prostaglandyny — mediatory stanu zapalnego, bólu i gorączki, oraz tromboksany — odpowiedzialne za agregację płytek krwi.

Wyciągi z liści maruny (zarówno wodne, jak i chloroformowo-metanolowe) hamują, podobnie jak aspiryna, biosyntezę prostaglandyn i agregację płytek krwi, ale nie poprzez wpływ na układ enzymatyczny cyklooksygenazy. Ich działanie prowadzi pośrednio do podobnych efektów końcowych i polega na zahamowaniu uwalniania kwasu arachidonowego z fosfolipidów płytek, prawdopodobnie przez interakcję z kinazą białkową C.

Odkryto ponadto, że wyciągi te hamują sekrecję leukocytów i płytek krwi. Zapobiegają w ten sposób wyzwaniu się z leukocytów, innych niż prostaglandyny, mediatorów zapalenia i gromadzeniu się szkodliwych substancji w mazi stawowej i skórze, przynosząc ulgę w artretyzmie i łuszczycy. Porównywalny efekt uzyskuje się dopiero po zastosowaniu wysokich stężeń indometacyny — niesteroidowego leku przeciwzapalnego. Hamowanie uwalniania serotoniny z płytek krwi i w konsekwencji skurczu naczyń krwionośnych, wywołowanego przez ten związek, może przyczyniać się do osłabienia ataków migreny.

Zidentyfikowano następnie składniki wyciągów odpowiedzialne za tę aktywność. Są to α -metyleno- γ -laktony seskwiterpenowe, których zawartość w liściach dochodzi do 0,9 % suchej masy, z czego 0,3-0,5 % przypada na główny lakton — partenolid. Partenolid, wyodrębniony pod koniec lat 50., jest związkiem słabo rozpuszczalnym w wodzie, ale wyciągi wodne i alkoholowe zawierają porównywalne ilości tego związku. To oznacza, że na jego rozpuszczalność wpływają inne składniki występujące w wyciągach wodnych. Laktony seskwiterpenowe nadają gorzki smak surowcom roślinnym, dlatego spożywa się liście maruny w kanapkach, względnie po utarci z miodem.

W badaniach farmakologicznych wykazano, że wyciągi z rośliny oraz wyodrębniony z nich partenolid powodowały nieodwracalne zahamowanie skurczów mięśni gładkich izolowanej aorty królika, wywołanych podaniem nie tylko serotoniny, ale i trzech innych agonistów różnych typów receptorów. Tak więc działanie partenolidu nie jest specyficzne i polega prawdopodobnie na udziale tego związku w postreceptorowym mechanizmie skurczu mięśni.

Do tej pory nie zbadano chronicznej toksyczności maruny, ale czy wyniki takich badań, prowadzonych na zwierzętach w ciągu kilku miesięcy, będą miarodajne, skoro tak duża liczba ludzi stosuje roślinę latami (w niektórych przypadkach ponad 10 lat)? Należy jednak przestrzec potencjalnych pacjentów przed możliwościami alergii kontaktowych w obrębie jamy ustnej, które wystąpiły u niektórych osób spożywających zwłaszcza świeże liście rośliny.

Dlatego m.in. w celu przeprowadzenia badań klinicznych zaproszono do londyńskiej kliniki (*City of London Migraine Clinic*) pacjentów od dawna stosujących marunę przeciw migrenie i podawano im przez 6 miesięcy sproszkowane liście (2 razy dziennie po 25 mg) lub placebo w kapsułkach, w eksperymencie podwójnej ślepej próby. Średnia częstotliwość ataków migreny u pacjentów, którym podawano placebo wzrosła trzykrotnie, ponadto symptomy towarzyszące tym atakom były o wiele bardziej dokuczliwe. U pozostałych pacjentów nie stwierdzono istotnych

zmian. Ponowne podanie kapsulek z maruną pacjentom traktowanym placebo dało w krótkim czasie korzystne wyniki. Prowadzone równoległe badania kontrolne pacjentów oraz testy hematologiczne i biochemiczne nie ujawniły efektów toksycznych. Oznacza to, że maruna stosowana profilaktycznie zapobiega atakom migreny.

Opisane badania nie rozwiązały jednak problemów nagromadzonych wokół tej rośliny. Nadal nie wiadomo, czy laktony seskwiterpenowe są jedyną grupą składników czynnych rośliny i czym grozi przedawkowanie, wobec stosunkowo silnego działania tych składników. Poza tym wykazano ostatnio, że w sproszkowanych liściach maruny, nieodpowiednio i długo przechowywanych, zawartość partenolidu drastycznie spada, a niektóre testowane próbki, zakupione w sklepach ze zdrową żywnością, już nie zawierały tego związku i były farmakologicznie nieaktywne. Dlatego konieczna jest standaryzacja surowca na zawartość laktonów seskwiterpenowych i odpowiednie przygotowanie form recepturowych. Kryterium tym odpowiada tylko niewiele z produkowanych obecnie preparatów. Czas pokaże, czy pacjenci poprzez mass media przyczynili się do odkrycia efektywnego leku roślinnego.

Wpłynęło 14 I 1994

Doc. dr hab. Wanda Kisiel jest kierownikiem Zakładu Fitochemii Instytutu Farmakologii PAN w Krakowie

WŁODZIMIERZ S. OSTROWSKI (Kraków)

MARCELI NENCKI. WSPOMNIENIE O ŻYCIU I DZIELE NA 75-LECIE UTWORZENIA INSTYTUTU BIOLOGII DOŚWIADCZALNEJ PAN

75-lecie Instytutu Biologii Doświadczalnej zbiega się ze 146 rocznicą urodzin Marceliego Nenckiego, patrona tej znamienitej placówki naukowej. Wpływ, jaki działalność Nenckiego wywarła na rozwój polskiej i światowej biochemii jest niezaprzeczalny, przeto uzasadnione będzie przybliżenie sylwetki patrona Instytutu, zwłaszcza młodemu pokoleniu pracowników nauki.

W drugiej połowie XIX wieku obserwuje się powolne odradzanie się polskiej nauki, w tym chemii, której wyraźny upadek nastąpił w całym kraju po powstaniu listopadowym. W latach 80. ub. wieku na UJ w Krakowie rozwijali z powodzeniem badania Olszewski i Wróblewski, we Lwowie Bronisław Radziszewski na Uniwersytecie J. Kazimierza, a w Warszawie Jakub Natanson i Bolesław Fudakowski w Szkole Głównej. Jednak polska biochemia, zwana wówczas powszechnie chemią lekarską, a później chemią fizjologiczną, rozwijała się najintensywniej pod koniec wieku poza granicami kraju: w Szwajcarii, Anglii i w Rosji. Nazwiska Marceliego Nenckiego, Leona Marchlewskiego i Stanisława Kostaneckiego są na trwale wpisane do historii nauki, gdyż wnieśli oni niekwestionowane wartości do dziejów polskich i światowych nauk przyrodniczych. M. Florkin w swej *History of Biochemistry* omawia powyższe nazwiska razem z L. Pasteurem, Hoppe-Seylerem czy Liebigiem. M. Nencki i L. Marchlewski uczestniczyli bezpośrednio w rozwoju światowej biochemii, dlatego nas interesują najbardziej.

KRÓTKI RYS BIOGRAFICZNY

Marceli Nencki urodził się 15 stycznia 1847 r. w Boczkażu koło Sieradza z ojca Wilhelma i Katarzyny Serwaczyńskiej. Kie-



Ryc. 1. Marceli Nencki (1847-1901).

dy Marceli miał 13 lat umiera mu ojciec, przeto troska o dzieci i wykształcenie spada na energiczną matkę. W 1863 roku Nencki kończy Gimnazjum Klasyczne w Piotrkowie. Po wybuchu powstania styczniowego ukrywa się po okolicznych wsiach, pragnąc za wszelką cenę opuścić zabór rosyjski. Przedostaje się najpierw do Krakowa, gdzie rozpoczyna studia filologiczne na Uniwersytecie, ale widząc i tu niezbyt stabilną sytuację wyrusza w 1864 r. do Jeny. Zapisuje się na Uniwersytet Karola-Aleksandra na Wydział Filologii Klasycznej, na którym pozostaje do jesieni 1865 r., po czym wyrusza dalej do Berlina. Przez kilka semestrów kontynuuje studia filologiczno-filozoficzne, ale w pewnym momencie pozostawia przedmioty humanistyczne i zwraca się ku naukom przyrodniczym, zwłaszcza medycynie. Szczególnie zainteresowała go chemia patologiczna, mikrobiologia i fizjologia. Wydział Medyczny w Berlinie miał wówczas zestaw doskonałych nazwisk: Reichert wykładał anatomię, du Bois-Reymond — fizjologię, Virchow — patologię, Frerichs — klinikę wewnętrzną. Nencki zaczyna więc pracę w laboratorium Kliniki w Charité w dziedzinie nowoczesnej medycyny eksperymentalnej podejmując równocześnie intensywne studia w zakresie chemii. W 1870 r. Nencki miał już za sobą zdane wszystkie obowiązkowe egzaminy i pierwszą pracę doświadczalną *Die Vorstufen des Harnstoffs im Organismus*, która ukazała się w 1869 r. oraz gotową pracę doktorską *Die Oxydation der aromatischen Verbindungen im Tierkörper*. Jest zastanawiające, że oba powyższe tematy, tj. biogenezę mocznika i przemiany związków organicznych w organizmach zwierzęcych kontynuował Nencki do końca życia, to jest przez ponad 30 lat pracy eksperymentalnej.

Celem pogłębienia wiedzy chemicznej angażuje się Nencki na dwa lata w berlińskiej pracowni Akademii Przemysłowej prowadzonej przez Adolfa von Bayera, gdzie zapoznaje się gruntownie z metodami stosowanymi w nowoczesnej chemii organicznej. W tej placówce ukształtował się ostatecznie jego zasadniczy kierunek działania: problemy medyczne, ale zawsze rozwiązywane precyzyjnymi metodami chemicznymi. Najpierw klasyczne wykształcenie humanistyczne, a później gruntowne przygotowanie w naukach przyrodniczych dały Nenckiemu rzadką właściwość wyjaśniania skomplikowanych procesów biochemicznych z dużą klarownością i precyzją formułowania myśli. Za to m. in. był wysoko ceniony przez kolegów i współpracowników.

W 1872 r. Nencki w wieku 24 lat przenosi się na Uniwersytet w Bernie w Szwajcarii, w którym Wydział Lekarski w tym czasie cieszył się wysoką renomą międzynarodową. Rozpoczyna pracę jako asystent chemii w Instytucie Patologicznym, kierowanym przez Edwina Klebsa, ucznia Virhowa. Po roku pracy zostaje prywatnym docentem w zakresie chemii lekarskiej, dla której utworzono mały oddział przekształcony w 1876 roku w Instytut Chemii Fizjologicznej, na czele którego stanął Marceli Nencki. Nencki był już wówczas profesorem zwyczajnym z pensją 4500 franków szwajcarskich rocznie, osobistością w pełni akceptowaną przez środowisko z uwagi na wszechstronne wykształcenie i wyjątkowe zdolności eksperymentatorskie. Dla podkreślenia szczególnej osobowości Nenckiego władze Uniwersytetu mianują go także honorowym profesorem chemii w Instytucie Patologicznym.

Instytut Chemii Fizjologicznej w Bernie nie był pierwszym w Europie zachodniej, gdyż podobną placówkę utworzono w 1872 r. w Strasburgu. Natomiast w Europie centralnej pierwsze tego typu placówki utworzono prawie dekadę wcześniej i to nie gdzie indziej ale w Szkole Głównej Warszawskiej w 1864 r. z B. Fudakowskim jako kierownikiem, a w kilka miesięcy później w tym samym roku Zakład Chemii Lekarskiej z Aleksandrem Stopczyńskim utworzono na UJ. Trzeba jednak podkreślić, że Instytut berneński miał w tym czasie najwyższą rangę w świecie

i tam zjeżdżali adepci biochemii z całego świata dla pogłębienia studiów i zapoznania się z najnowszą tematyką badań.

Od połowy lat 70. ubiegłego wieku Nencki podejmuje nowe tematy badawcze, m. in. zajmuje się barwnikami moczu, kwasem moczowym, biologicznym utlenianiem, strukturą hemoglobiny, enzymami i procesami bakteryjnymi w jelicie cienkim. Do swego Instytutu przyjmuje licznych współpracowników, zdolnych doktorantów w tym wielu z Polski. W Uniwersytecie podjęto decyzję o budowie nowego gmachu Instytutu Chemii Fizjologicznej, który oddano Nenckiemu w 1885 roku. Rozwiniął wówczas bliską współpracę ze Stanisławem Kostaneckim i z kolegami z różnych klinik lekarskich i zakładów weterynarii. Z całej Europy, a także z Ameryki napływali adepci chemii fizjologicznej i bakteriologii, którą postawił na poziomie porównywalnym z Pasteurem i Kochem. Nie szczędzono mu środków pieniężnych na tę działalność, toteż wspomaga hojnie inne ośrodki naukowe, m. in. Uniwersytetowi Krakowskiemu przekazuje w 1888 r. kwotę pięciu tysięcy franków.

W takim to momencie Nencki otrzymuje od księcia Aleksandra Oldenburgskiego, kuzyna cara Mikołaja I, zaproszenie do objęcia kierownictwa jednego z działów Instytutu Medycyny Eksperymentalnej utworzonego w St. Petersburgu. W dwa lata później, tj. w 1882 r., Nencki pozostawia tak bardzo przyjazne mu środowisko berneńskie i przenosi się do Petersburga.

Biografowie do dziś nie mogą wyjaśnić motywów, które skłoniły Nenckiego do opuszczenia Berna, życzliwych mu przyjaciół i uznania prawie całego zachodniego świata. Podnoszono różne powody tej decyzji — nie będziemy się tu nimi zajmować — ale sądzę, że jednym z najbardziej przekonujących powodów było to, że Nencki był pod wpływem silnej petersburskiej Polonii i swoich krewnych, którzy mieli nadzieję, że będąc w stolicy imperium carskiego będzie mógł wpływać ze swej pozycji na złagodzenie terroru i zmniejszenie strat, jakie kraj ponosił z powodu okupacji. Być może był także zmęczony intensywną pracą dydaktyczną, o czym pisze w jednym z listów, i wizja wielkiego instytutu międzydiscyplinarnego, w którym bez innych obowiązków mógłby się poświęcić pracy badawczej, była dla człowieka całkowicie oddanego nauce zbyt silnym magnesem.

W każdym razie jego decyzja w środowisku berneńskim wywołała zaskoczenie i szok. Nencki miał wówczas 45 lat i perspektywę długich jeszcze lat pracy. W liście do dziekana Wydziału Lekarskiego Ernsta Pflugera (18.10.1891) Nencki wyjaśnia powody swojej decyzji, podkreślając równocześnie przywiązanie do wszystkich i wszystkiego, co pozostawia w Bernie. Ale między tymi przydługimi zdaniem jeden wykrzyknik jest dużo mówiący: „Wie die Zeiten sich ändern”. W liście wspomina, że miał wyjątkowo luksusowe warunki podczas 20 lat pracy w Bernie i pod koniec listu zapowiada, że w Petersburgu zostanie tylko 5 lat, a potem wróci do Berna i będzie chciał prowadzić w swojej Alma Mater prywatne laboratorium w zaciszu i z korzyścią dla niej. Dziwne, że nie wspomina o chęci kontynuowania pracy dydaktycznej i innych obowiązków, jakie wynikają ze stanowiska profesorskiego na Uniwersytecie. Zamiar Nenckiego nie miał się już nigdy ziścić. Wkrótce miał się przekonać, że wszystko, co zastał w Petersburgu, było całkowicie odmienne od tego do czego przywykł. Kraj, mentalność ludzi, uciążliwa biurokracja i stosunki międzyludzkie sprawiały wrażenie obcości i wielkie obciążenie psychiczne. Ale jako doskonały organizator Nencki doprowadził do tego, że Instytut nad Nową prowadzony wspólnie z Pawłowem stał się jednym z największych w Europie i nazywany był przez zachodnich wizytatorów „Palais de science”. Wraz z Nenckim do Petersburga przybyło kilku najzdolniejszych jego współpracowników m. in. Jan Zaleski, Stefan Dzierżkowski, Sa-

laskin i Nadina Sieber-Sumowa, która tak bardzo przyczyniła się do utworzenia Instytutu w Warszawie.

Żona Nenckiego Maria i syn Leon nie podążyli za nim do Rosji. Syn studiował w Bernie medycynę, natomiast żona wyjechała do Berlina (była siostrą przyjaciela Nenckiego z czasów studiów w Berlinie — Schultzena). Z korespondencji między najbliższą rodziną wynika, że Nencki utrzymywał z nimi żywe kontakty, wakacje zawsze spędzał w Bernie lub w Berlinie i cieszył się sukcesami syna, który został dobrym lekarzem.

Pod koniec wieku warunki pracy Nenckiego w Petersburgu nie układały się najlepiej, książę Aleksander zaczął go traktować zbyt formalnie, nie układały się stosunki z miejscowym Towarzystwem Lekarskim. Zajmowanie się kilkoma oddziałami Instytutu (Dział Badań Fizykalnych, Analizy Gazów, Analizy Ogólnej, Mikroskopii, Bakteriologii i Sterylizacji) zbyt mu ciążyło i wyczerpywało jego siły. Dużo podróżował po wielkim imperium organizując walkę głównie z błonicą (dyfteryt) i z księgosuszem u bydła.

W tym też czasie otrzymuje od rządu austriackiego zaproszenie do przejścia na Uniwersytet Lwowski. Przez pewien czas miał zamiar przyjąć tę propozycję, ale ostatecznie nie podjął żadnej decyzji. Nadal fascynowały go badania prowadzone wspólnie z Pawłowem na temat enzymów soków trawiennych i z Marchlewskim nad strukturą barwnika krwi i barwnika roślin. Białka i enzymy interesowały go szczególnie. Mówi o tym w swym wykładzie w lipcu 1900 r. „O zadaniach biologicznej chemii” wygłoszonym na IX Zjeździe Przyrodników i Lekarzy w Krakowie. Podczas zjazdu wyróżniono Nenckiego godnością honorowego przewodniczącego i doktoratem honoris causa UJ. Szczególnie ineteresujący fragment jego wykładu pozwolę sobie przytoczyć

jako przykład głębokich przemyśleń Nenckiego na temat przyszłości chemii biologicznej; „To ażebyśmy nawet najprostszą, jednokomórkową istotę w naszych pracowniach stworzyć mogli, o tym obecnie marzyć niepodobna; ale to samo przeświadczenie, że tak jest, stanowi postęp, gdyż dowodzi, że zdajemy sobie sprawę z trudności, które nam stają na drodze do badania. Obecnie nasze dążenie skierowane jest ku temu, aby otrzymać sztucznie takie labilne ciała białkowe, które by miały własności enzymów. I to zadanie pokazuje się nam tylko jako w dalekiej przyszłości możebne do urzeczywistnienia. Ale i tu trudno być prokiem. Usilna praca tak wielkiej liczby pracowników całego świata cywilizowanego na tym polu może wcześniej ten cel urzeczywistnić”. Należy podziwiać, że już wówczas Nencki tak realistycznie oceniał problem inżynierii genetycznej i białkowej; optymistycznie przewidywał to, czego świadkami jest nasze pokolenie. Mówił także o krystalizacji białek i enzymów jako o normalnym zjawisku, a przecież jeszcze 27 lat później, kiedy James Sumner po wykrystalizowaniu ureazy przyjechał do Europy i chciał odwiedzić wybitnego fizyko-chemika szwedzkiego Svedberga, po otwarciu drzwi do gabinetu Sumner mówi: jestem Sumner, to ja wykrystalizowałem pierwszy enzym. Svedberg wówczas pokazał mu kółko na czole i zamknął przed nim drzwi — nie wpuścił go do swego pokoju. Jeszcze kilka lat później na Zjeździe Biochemicznym w Paryżu w 1933 r. najwybitniejsi uczeni europejscy traktowali enzymy jako niematerialne czynniki posiadające magiczną moc przekształcania jednej formy energii w drugą i nie chciano przyjąć ich białkowej natury. Dopiero pod koniec Zjazdu, kiedy Northrop pokazał kilka krystalicznych proteaz i wykazał, że to właśnie te krystaliczne białka powodują rozkład wiązań peptydowych, pogodzone się z tym faktem.

Rok później Nencki po raz pierwszy poczuł się źle. Dokuczały mu bóle przewodu pokarmowego. Z początkiem października 1901 r. pisze do żony, że musi na razie pozostać w łóżku, ale zauważa już poprawę swego zdrowia. W niespełna dwa tygodnie później, 14 października 1901 roku Marcelli Nencki umiera w wieku 54 lat. Zgodnie ze swym życzeniem pochowany został w Warszawie na Cmentarzu Ewangelickim 20 października tegoż roku.

WKŁAD NENCKIEGO DO BIOCHEMII

W ciągu 30 lat wyteżonej pracy Nencki przeszedł od filozofii i chemii organicznej, poprzez medycynę, chemię fizjologiczną i bakteriologię do seologii i nauki o odporności. Jednak osiągnięcia Nenckiego, które w historii nauki mają znaczenie zasadnicze i trwałe, należą do biochemii. Niektóre z jego prac inicjujących różne zagadnienia metaboliczne, zostały całkowicie wyjaśnione dopiero w 50 lat po jego śmierci. Był zatem Nencki pionierem drugiej połowy XIX wieku pośród niezbyt licznej grupy genialnych badaczy tworzących podwaliny współczesnej biochemii, dyscypliny samodzielnej, integrującej wszystkie nauki biologiczne, posługującej się nie tylko metodami chemii i fizyki, ale także swymi własnymi metodami, których twórcą lub współtwórcą był nasz rodak.

Okres berliński Nenckiego był związany głównie z chemią organiczną, choć i później jego liczne prace poświęcone były syntezie, analizie i charakterystyce różnych związków organicznych, jak pochodne mocznika, kwasu salicylowego i kwasu benzoowego. Już w pracy doktorskiej wyjaśnia, że w organizmie zwierzęcym utleniają się tylko łańcuchy boczne połączone z pierścieniem aromatycznym, przy czym tylko jeden taki łańcuch utlenia się do grupy karboksylowej, inne pozostają w postaci alkoholu. Podawane zwierzętom kwasy fenylloksypropionowy, acetylobenzoilowy lub acetofenon były utleniane do kwasu benzoowego, a więc takiego samego produktu, jaki otrzymywano z kwasu fenyllopropionowego. Kwas benzoowy znajdowano w moczu

Petersburg 10/6 96

Szanowny Panu!

Filozoficzny otrzymałem i bardzo za
pomocne preparaty dziękuję. Obecnie
jednak jestem tak zajęty pracą o krystalizacji
iż nie mogłem mieć odwrotu o tej interesującej
pracy Krzemkiej. Bardzo podobnie pisze też
o tej lub o tej w Petersburgu będącym moim
sobowiesi o tych barwnikach publikacji
informacji i odwrotu w ośrodku Panu
przebieg -

Życzył by jednak J. Nencki (leżąc w łóżku)
Krzemkiej napisać lub poświadczyć by to by
bardzo dobrze - Jest to tak ważny i interesujący
fakt, iż można 10 razy o nim mówić
zanim wiadomością niekiedy publikacji
przyjdzie - W każdym razie z całego serca
tak Panu jak i p. Schenkowi tego miłego
odkrycia mi życzę -

Z wyrazami poważania

M. Nencki

Ryc. 2. Kopia listu Nenckiego do Marchlewskiego dotyczącego współpracy obu uczonych nad barwnikami porfiryowymi.

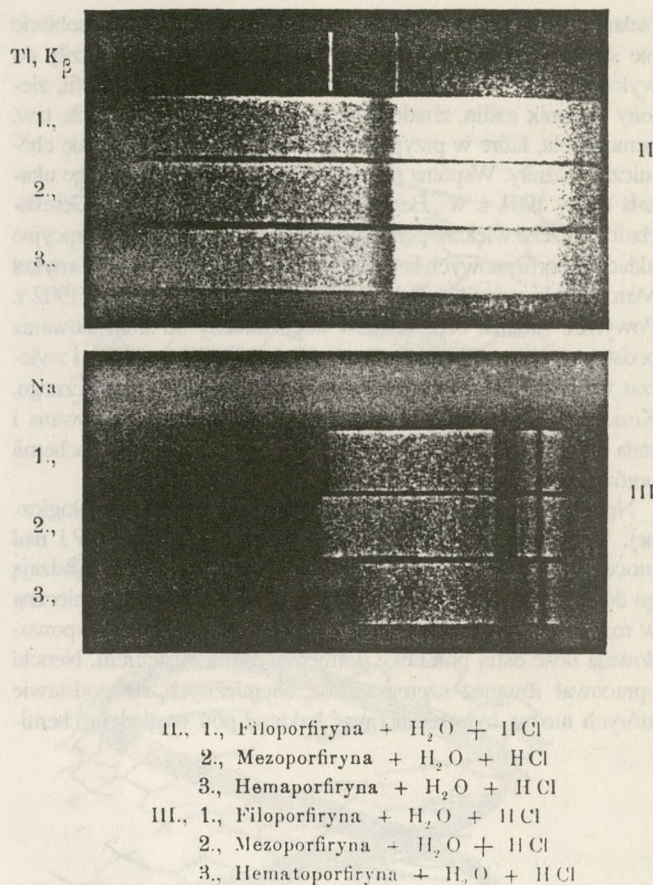
zwierząt w postaci kwasu hipurynowego czyli produktu kondensacji z glicyną. Powyższą metodą Nencki wprowadza nowy kierunek badań metabolicznych uwieńczony w kilkadziesiąt lat później opracowaniem teorii β -oksydacji przez Knoopa i dalsze jej rozwinięcie przez Dankina w latach 1905-1912. Była to metoda o takim znaczeniu wówczas jak w wiele lat później metody izotopowe. Konjugacja utlenianych łańcuchów bocznych związków aromatycznych z glicyną, jak to wykazał Nencki, okazała się procesem ogólnobiologicznym, a nie wyjątkowym zdarzeniem związanym z kwasem benzoesowym.

Równie cennym osiągnięciem tego okresu było opracowanie metody kondensacji fenoli z kwasami alkilowymi przy wykorzystaniu chlorku cynku i otrzymywanie eterów aromatycznych przez zastosowanie tlenochlorku fenolu. W ten sposób Nencki zsyntetyzował salol i wraz z klinicystą Sahlim wprowadził go do praktyki lekarskiej. Związek ten do dziś jest stosowany w lecznictwie jako środek antyseptyczny, przeciwbólowy i przeciwgorączkowy. Już w 1869 r. wraz z Schultzenem Nencki przedstawił hipotezę syntezy pochodnych mocznika z glicyny. Znajduje jednak, że szkielet glicyny N-C-C nie odpowiada szkieletowi mocznika N-C-N. Wróci później do tego zagadnienia wraz z Pawłowem przy wykorzystaniu perfundowanej wątroby psa. Uczniowie stwierdzają wówczas, że mocznik może być syntetyzowany tylko w wątrobie i glicyna nie jest bezpośrednim substratem tej syntezy.

Podczas prac nad syntezą mocznika i jego pochodnych Nencki doszedł do syntezy glicyny z kwasu monochlorooctowego i węglanu amonu, a także reakcji kondensacji mocznika z aldehydami, co dało możliwość opracowania metody ilościowego oznaczania tego metabolitu. W ciągu badań metabolicznych zwanych wówczas „Tierbiochemie”, Nencki odkrywa reakcje biologicznego sulfonowania i koniugacji z kwasem glikuronowym. Były to pierwsze prace wskazujące, że w żywym ustroju zachodzą nie tylko procesy hydrolityczne z wykorzystaniem cząsteczki wody, ale i procesy syntezy z eliminacją wody. Były to pionierskie prace nad reakcjami odtruwania w ustroju żywym i w łączności z nimi Nencki rozwinął następnie badania nad utlenianiem tkankowym.

Okres berneński to nie tylko kontynuacja zagadnień metabolicznych z lat studiów w Berlinie. Nencki podejmuje również szereg nowych problemów o ogólniejszym znaczeniu. W 1878 r. zaproponował schemat powstawania kwasu mlekowego z glukozy. Problem ten rozwinięto później w Petersburgu, utleniając glukozę tlenem atmosferycznym w środowisku alkalicznym, na co pierwszy zwrócił uwagę B. Radziszewski we Lwowie. W tym okresie Nencki zajmuje się także intensywnie białkami. Znajduje różnice w białkach komórek żywych i martwych, uważając, że tzw. „aktywne białka” mają inną strukturę niż białka nieczynne (wiele lat później problem ten rozwijali Loew i Delbrück). Bada procesy gnilne białek przy udziale drobnoustrojów i wykazuje powstawanie z nich indolu i skatolu, co naprowadziło później Hopkinsa do wykrycia tryptofanu w białkach. Nencki systematycznie interesował się enzymami. W artykule pt. „Die Enzyme in der Therapie” ogłoszonym w Szwajcarii w 1890 r. pisze: „Nadzwyczajna nietrwałość należy do najbardziej charakterystycznych właściwości enzymów. Ich zachowanie się wobec bodźców chemicznych, termicznych i elektrycznych w wielu przypadkach podobne jest do zachowania się żywej protoplazmy”.

Pamiętajmy, że dopiero w 1897 r. E. Buchner wykazał, że enzymy znajdujące się w komórce można wydzielić i przy ich pomocy przeprowadzić fermentację glukozy. Zagadnienia enzymatyczne rozwinięto Nencki następnie w Petersburgu z Pawłowem, podejmując pierwsze próby izolowania i oczyszczania ich z soków trawiennych. W czasie tych prac Nencki zlokalizował wytwarzanie HCl w błonie śluzowej żołądka.



Ryc. 3. Widma barwników roślinnych i zwierzęcych otrzymanych z chlorofilu przez Marchlewskiego (filoporfiryna) i z hemoglobiny przez Nenckiego (mezoporfiryna i hematoporfiryna).

Z początkiem lat 80. ubiegłego stulecia uwagę Nenckiego pochłania proces transportu tlenu przez hemoglobinę. Wykazuje, że w kapilarach znajduje się tlen molekularny i w tej postaci dyfunduje do tkanek. Tu jednak jest w stanie atomowym, zdolnym do różnych utlenień. Dlaczego i jak komórki rozszczepiają cząsteczkę do atomów i jaki tu proces zachodzi, były zasadniczymi pytaniami, na które chciał znaleźć odpowiedź. Teoria ozonowa utleniania biologicznych postulowana w tym czasie nie wyjaśniała wg Nenckiego tego zagadnienia, choćby z tej przyczyny, że ozon nie utleniał np. benzenu do fenolu, podczas gdy w organizmie zwierzęcym taki proces zachodził. Podobne doświadczenia przeprowadza także z pacjentami chorymi na cukrzycę, białaczkę lub anemię. U pacjenta z bardzo niskim poziomem hemoglobiny stwierdza znaczne obniżenie wytwarzania fenoli i kwasów aromatycznych w porównaniu z osobnikami zdrowymi. Eksperymenty takie choć wyjaśniały tylko fakt, że obniżony poziom hemoglobiny prowadził po prostu do zmniejszenia stężenia tlenu w tkankach, to naprowadziły go na myśl, że w tkankach musi być jakaś substancja, prawdopodobnie labilne białko, które tlen molekularny rozszczepia do atomowego, a ten jako czynnik *in statu nascendi* działa utleniająco.

W 1896 r. L. Marchlewski przesłał Nenckiemu z Manchesteru kilka odbitek prac z pochodnymi chlorofilu, z analizy których wynikały pewne podobieństwa wzorów empirycznych do związków porfiryńowych uzyskanych przez Nenckiego z hemoglobiny. Marchlewski otrzymał z chlorofilu tzw. filoporfirynę i filocyaninę, podczas gdy Nencki i Zaleski traktując krystaliczną heminę Teichmana HBr otrzymali czysty chlorowodorek hematoporfiryny, natomiast traktując heminę HJ — otrzymali mezoporfirynę. Wyniki prac Marchlewskiego wydały się Nenckiemu bardzo interesujące, przeto proponuje o 20 lat młodszemu koledze przeprowadzenie wspólnych

badani nad filoporfiryną. Mimo że obaj uczeni nigdy się osobiście nie spotkali, rozpoczęli wspólne badania, które doprowadziły do wykazania, że zarówno barwnik hemoglobiny jak i chlorofil, zielony barwnik roślin, zbudowane są z pierścieni pyrolowych, tzw. hemopiryolu, które w przypadku obu barwników niewiele się chemicznie różniły. Wspólna praca Nenckiego i Marchlewskiego ukazała się w 1901 r. w „Berichte der Deutsche chemische Gesellschaft”. Jeszcze większe podobieństwa ujawniły widma absorpcyjne układów porfiryńowych hemoglobiny i chlorofilu, o których artykuł Marchlewski ogłosił w Polskiej Akademii Umiejętności w 1902 r. Powyższe badania obu rodaków doprowadziły do sformułowania podstawowej teorii w biologii, że składniki ustrojów roślin i zwierząt wywodzą się od tego samego wspólnego pnia chemicznego. Koncepcja ta w latach 20. została powszechnie zaakceptowana i stała się podstawą rozwoju nowej gałęzi biochemii — biochemii porównawczej i ewolucyjnej.

Nencki uważany jest także za twórcę chemii mikrobiologicznej. Wspomniane badania nad gniciem ciał białkowych i nad procesami trawienia w przewodzie pokarmowym doprowadzają go do stwierdzenia, że flora saprofityczna jelita nie jest konieczna w rozkładzie pokarmów. Była to trafna koncepcja, która spowodowała dość ostrą polemikę pomiędzy nim a Pasteurem. Nencki opracował również szereg testów chemicznych, na podstawie których można było różnicować bakterie pod względem chemi-

cznym, a nie tylko morfologicznym jak wówczas postępowano. W Petersburgu powyższe badania miały już charakter bardziej praktyczny, kiedy to Nencki angażował się w walkę z epidemiami zarówno pośród ludzi (błonica), jak i zwierząt (księgosusz) w wielkim imperium carskim.

Wielką zasługą Nenckiego dla Polski było wykształcenie grupy doskonałych chemików i lekarzy eksperymentatorów, którzy obejmując później różne katedry uniwersyteckie rozwinęli znaczące dla nauki badania i kształcili nowe pokolenie kadr naukowych już dla niepodległego kraju. Wymienię tu Ernesta Bandrowskiego, Stanisława Bądryńskiego, Stefana Dzierżgowskiego, Jana Pruszyńskiego, Jana Zaleskiego i jeszcze kilku innych, mniej znanych uczniów Nenckiego — Jankowskiego, Kowalskiego, Różyckiego, Wyżnikiewicza.

Nencki był członkiem Akademii Umiejętności i członkiem honorowym większości towarzystw naukowych w Polsce i za granicą. Jego kilkaset prac i rozpraw przeglądowych, drukowanych także w polskich czasopiśmie, zostały zebrane przez N. Sieber-Sumową i J. Zaleskiego i opublikowane pt. *Opera Omnia* w 1904 r. w Brunswiku.

Wpłynęło 12 I 1994

Prof. dr hab. Włodzimierz S. Ostrowski jest dyrektorem Instytutu Biochemii Lekarskiej i kierownikiem Zakładu Chemii Fizjologicznej Collegium Medicum UJ

DROBIAZGI

Helikalne nieporozumienie

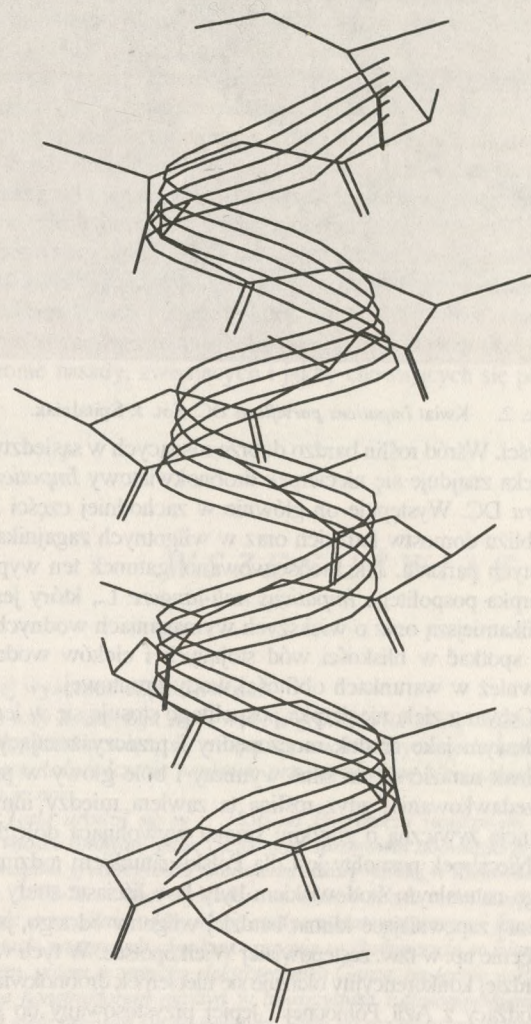
Jest rok 1953. Zakończył się właśnie wielki wyścig XX wieku, którego celem było opisanie struktury przestrzennej DNA (kwasu dezoksyrybonukleinowego). Wygrała ten wyścig dwójka biochemików: James D. Watson (Amerykanin, ur. 1928) i Francis H. C. Crick (Anglik, ur. 1916) wyprzedzając sławnego już wówczas amerykańskiego chemika Linusa C. Paulinga (ur. 1901). W czasie, kiedy trwała jeszcze praca nad strukturą DNA, Pauling zaproponował model przestrzenny łańcuchów polipeptydowych. To charakterystyczne ułożenie przestrzenne łańcucha polipeptydowego (ryc. 1a) określił angielskim terminem α -helix. Watson i Crick wykorzystali ten termin do opisu modelu struktury przestrzennej DNA używając angielskiego określenia *double helix*. Hasło to oznacza, że w strukturze DNA dwa łańcuchy polinukleotydowe skręcone są jeden wokół drugiego, tak jak pokazano na ryc. 1b. Jednak te proste i jednoznaczne określenia α -helix i *double helix* sprawiały i sprawiają wiele kłopotów polskim autorom i tłumaczom literatury fachowej.

Mała Encyklopedia Przyrodnicza (wyd. II, PWN, 1962) tak definiuje strukturę DNA: „Drobina jego ma kształt wydłużonej spirali o osi równoległej do osi chromosomu”. Jest to definicja poprawna, gdyż na jej podstawie nabieramy prawidłowego wyobrażenia o przestrzennej strukturze DNA. Natomiast angielski termin *helix* można znaleźć w *Słowniku naukowo-technicznym polsko-angielskim* (wyd. V, WNT, 1983). Termin ten oznacza linię śrubową. Oba te określenia: „wydłużona spirala” i „linia śrubowa” są poprawnym tłumaczeniem z języka angielskiego, ale częste używanie takich dwuwyrazowych określeń rodzi naturalną pokusę dokonania skrótu. Tym bardziej, że mówiąc o

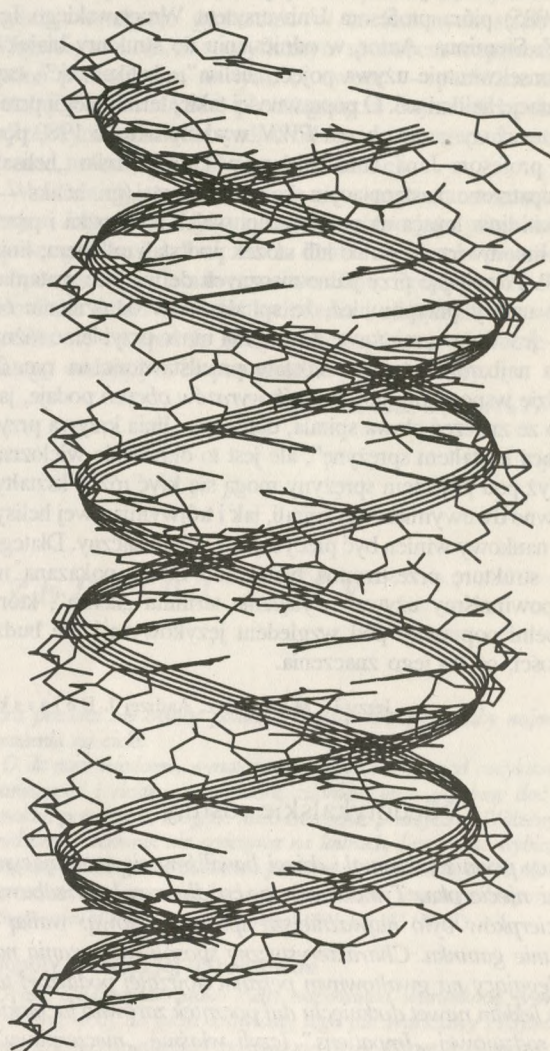
DNA powinno się używać jeszcze bardziej skomplikowanych, chociaż bardziej precyzyjnych sformułowań, a mianowicie: struktura „podwójnej, wydłużonej spirali” lub „podwójnej linii śrubowej”. Dlatego szybko powstał wygodny skrót, w postaci terminu „spirala DNA”.

Niestety, posługiwanie się określeniami „podwójna spirala DNA” czy „struktura spiralna” jest dużym błędem. Co gorsza, te błędne określenia są w powszechnym użyciu i rozpleniły się, jak chwasty, nawet w języku naukowym. W encyklopediach i podręcznikach akademickich królują „spiralne białka” i „spirale DNA”. W *Świecie Nauki* (nr 11, 1992), w notce biograficznej do artykułu F. Cricka i C. Kocha pt. *Problem świadomości* napisano: „Crick jest współodkrywcą, razem z Jamesem Watsonem, podwójnej spiralnej struktury DNA”. W ubiegłym roku odbyła się w Poznaniu sesja naukowa z okazji 40. rocznicy odkrycia struktury przestrzennej DNA, a jej tytuł brzmiał: „Od podwójnej spirali do struktury genomu”. Jak trudno przezwyciężyć złe nawyki może świadczyć następujący przykład. Jeden z autorów cenionego podręcznika chemii organicznej pisze wprost, że termin „spirala DNA” jest niepoprawny, ale na dalszych stronach używa tego właśnie, niepoprawnego terminu. Czasami można też napotkać sformułowania: „podwójny heliks DNA”, „struktura heliksu”. Jest to próba bezpośredniego spolszczenia angielskiego słowa *helix*, które jednak brzmi nieco sztucznie.

Powstaje zatem pytanie: jak poprawnie i w sposób zwięzły określić w języku polskim strukturę białka, czy DNA pokazaną na ryc. 1? Autorytetem, w tym zakresie, są bez wątpienia uczeni zajmujący się stereochemią, czyli budową przestrzenną związków chemicznych. Nieżyjący już profesor Uniwersytetu Jagiellońskiego Stefan Smoliński (1915-1983), używał określeń, pod-

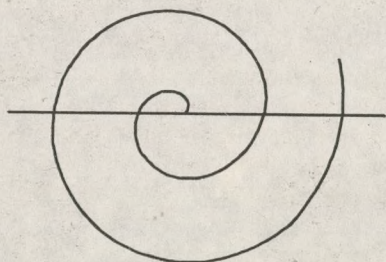


a



b

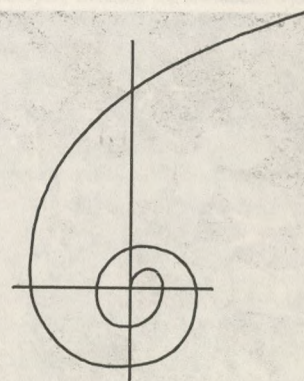
Ryc. 1. Konformacje helikalne: a) α -helisa łańcucha polipeptydowego, b) podwójna helisa DNA.



a



b



c

Ryc. 2. a) Spirala Archimedesowa, b) spirala logarytmiczna, c) spirala hiperboliczna.

wójna helisa DNA”, „struktura helikalna białek”, „konformacja helikalna”. Bardzo mocnym argumentem za poprawnością takiej właśnie terminologii jest znakomity podręcznik *Biostereochemia* (PWN 1985) pióra profesora Uniwersytetu Wrocławskiego Ignacego Z. Siemiona. Autor, w odniesieniu do struktury białek i DNA, konsekwentnie używa pojęć: „helisa”, „helikalność”, czy „konformacje helikalne”. O poprawności takiej terminologii przesądza *Słownik wyrazów obcych PWN*, wydany w roku 1980 pod redakcją profesora Jana Tokarskiego, w którym hasło „helisa” zostało opatrzone następującym komentarzem: „(gr. hélikos — śruba) mat. linia leżąca na powierzchni walca lub stożka i przecinająca linie tworzące walec lub stożek pod stałym kątem; linia śrubowa”. Pozostając przy jednoznacznych definicjach matematycznych należy przypomnieć, że spirala — w odróżnieniu od helisy — jest dwuwymiarowa. Krzywa ta może przybierać różny kształt, a najbardziej typowe zostały przedstawione na ryc. 2. Wprawdzie wspomniany już *Słownik wyrazów obcych* podaje, jako jedno ze znaczeń słowa spirala, definicję: „linia krzywa przypominająca kształtem sprężynę”, ale jest to określenie wieloznaczne, gdyż pod pojęciem sprężyny mogą się kryć różne kształty, np. zarówno dwuwymiarowej spirali, jak i trójwymiarowej helisy.

Język naukowy winien być precyzyjny i jednoznaczny. Dlatego opisując strukturę przestrzenną białek lub DNA, pokazaną na ryc. 1, powinniśmy używać wyłącznie terminu „helisa”, który jest w pełni poprawny pod względem językowym i nie budzi wątpliwości, co do jego znaczenia.

Jerzy L. Mokrosz, Andrzej J. Bojarski

Niedotykałskie rośliny

Wszyscy pewnie jako małe dzieci bawiliśmy się strzelającymi owocami niecierpka. Tymczasem to, co dla nas było zabawą, dla niecierpków było najważniejszą sprawą życiową: walką o przetrwanie gatunku. Charakterystyczny sposób rozrzućcia nasion polegający na gwałtownym pękaniu dojrzałej podłużnej torebki po lekkim nawet dotknięciu dał początek zarówno łacińskiej nazwie rodzajowej „*Impatiens*” (czyli właśnie „niecierpliw”) jak i polskiej „niecierpek”. Co więcej, łacińska nazwa gatunkowa rodzimego dla Polski niecierpka pospolitego „*noli-tangere*” oznacza w wolnym przekładzie „niedotykałski”. Podobnie zresztą i popularna nazwa tego gatunku — gniewosz wiąże się właśnie z gwałtowną reakcją owocu na dotknięcie.

Od niepamiętnych czasów życia człowieka towarzyszą rośliny, przynosząc często radość, spokój oraz bardziej wymienne ko-



Ryc. 2. Kwiat *Impatiens parviflora* DC. Fot. J. Śpitalniak.

rzyści. Wśród roślin bardzo dobrze rosnących w sąsiedztwie człowieka znajduje się niecierpek drobnokwiatowy *Impatiens parviflora* DC. Występuje on głównie w zachodniej części Polski w pobliżu domostw ludzkich oraz w wilgotnych zagajnikach i cielistych parkach. Jak zaobserwowano, gatunek ten wypiera niecierpka pospolitego *Impatiens noli-tangere* L., który jest rośliną delikatniejszą oraz o większych wymaganiach wodnych. Można go spotkać w bliskości wód stojących i cieków wodnych, jak również w warunkach obfitości wody gruntowej.

Odwar z ziela niecierpka pospolitego stosuje się w lecznictwie ludowym jako środek moczopędny i przeczyszczający. Można jednak narazić się na silne wymioty i bóle głowy w przypadku przedawkowania, gdyż roślina ta zawiera między innymi substancję żywiczną o gorzkim smaku wywołującą dolegliwości.

Ncierpek pospolity jest dla Polski gatunkiem rodzimym, którego naturalnym środowiskiem były lasy liściaste strefy umiarkowanej zapewniające klimat bardziej wilgotny od tego, jaki mamy obecnie np. w tzw. zestepowiały Wielkopolsce. W tych warunkach bardziej konkurencyjny okazuje się niecierpek drobnokwiatowy pochodzący z Azji Północnej i lepiej przystosowany do strefy klimatycznej umiarkowanej, zmierzającej w kierunku kontynentalnej. To lepsze przystosowanie bierze się m. in. z morfologii niecierpka drobnokwiatowego, który jest rośliną masywniejszą, większą, posiadającą podobnie jak niecierpek pospolity mięsistą, soczystą łodygę, pokrytą jednak grubsza skórka, podobnie w przypadku liści. Dzięki temu niecierpek, jak nazywany jest pospolicie niecierpek drobnokwiatowy, lepiej znosi okresowe niedostatki wody. W przypadku obfitości wody dorasta często do 1 m wysokości.



Ryc. 1. Niecierpek drobnokwiatowy *Impatiens parviflora* DC. Fot. J. Śpitalniak.



Ryc. 3. Niecierpek pospolity *Impatiens noli-tangere*. Fot. J. Śpitalniak.

Jak się wydaje, w ostatnim czasie zachodzi ewolucja nie tylko siedliska, ale również formy, gdyż niektóre atlasy roślin podają, iż to właśnie gniewosz (popularna nazwa niecierpka pospolitego) jest rośliną większą. Oczywiście, nie można kategorycznie stwierdzić, który gatunek osiąga większe rozmiary, ponieważ cechę tę warunkuje wiele różnych czynników.

Tymczasem to, co widocznie różni oba gatunki z jednego rodzaju *Impatiens* w rodzinie *Balsaminaceae* (dawniej *Impatiaceae*) niecierpkowate to kwiaty. Cechą charakterystyczną w tej rodzinie jest występowanie barwnej ostrogi — przekształconej działki kielicha. U *Impatiens noli-tangere* L. barwna ostroga, podobnie jak całe kwiaty, jest większa niż u *Impatiens parviflora* DC., a przede wszystkim jest zakrzywiona jak końcówka bosaka. Natomiast kwiaty niecierpka posiadają wyprostowaną ostrogę i bledszy odcień koloru żółtego. Gniewosz posiada żółte kwiaty zebrane po 2-6 w kwiatostanach, wyrastających z kątów liści po górnej stronie nasady, zwisających i jakby chowających się pod

nimi. U niecierpka kwiatostany (od 4 do 10 kwiatów) wyrastają w tym samym miejscu, lecz są dłuższe i wybijają się w górę.

Podobnie jak wiele innych roślin *Impatiens parviflora* DC. najczęściej występuje gromadnie w zacienionych stanowiskach. Wiąże się to m. in. ze specyficznym sposobem rozprzestrzeniania nasion polegającym na tym, iż owoce — podłużne torebki u rodziny *Balsaminaceae*, po osiągnięciu dojrzałości pękają przy najlżejszym dotknięciu wzdłuż od nasady energicznie rozrzucając ciemne nasiona (szer. 2 mm i dł. 4 mm).

W ostatnich latach obserwuje się rosnące zainteresowanie rodzajem *Impatiens*. Wykorzystuje się różne jego gatunki do uprawy w ogródkach i doniczkach. Dzikie niecierpki pięknie kwitną w lipcu i sierpniu, a nawet we wrześniu. Dodają uroku otoczeniu człowieka dzięki obfitości kwitnienia i ulistnieniu nie wyróżniającemu się co prawda niczym szczególnym, ale może właśnie dlatego oddającym niepowtarzalnie piękno natury.

Hanna i Jan Śpitalniakowie

WSZECHŚWIAT PRZED 100 LATY

Czarodziej wysokich częstotliwości

Często o uszy nasze obija się to nowe a grzmiącą już sławą otoczone nazwisko słowiańskie, wiążą się z niem wspaniałe odkrycia techniczne i zdumiewające doświadczenia naukowe, przyjrzyjmy się bliżej człowiekowi, który je nosi.

Mikołaj Tesla urodził się w r. 1856 na Pograniczu wojskowym w Austrii, w wiosce Smiljan, gdzie ojciec jego sprawował obowiązki proboszcza obrządku greckiego. Po ukończeniu szkoły realnej w Rakowcu, Tesla od r. 1875-78 słuchał wykładów w wyższej szkole technicznej w Gracu, gdzie szczególnie oddawał się studiom matematycznym i fizycznym. W latach następnych chwilowo pracuje w Budapeszcie w biurze telefonicznym, potem u znanego elektrotechnika Ganz'a, następnie w Paryżu zostaje konstruktorem maszyn w towarzystwie Edinsonowskim i wreszcie na stałe przenosi się do Ameryki. Tesla po raz pierwszy zasłynął w r. 1888 jako wynalazca motoru prądu przemiennego dwufazowego. Potem już co rok następują bez żadnej przerwy jego badania w dziedzinie prądów przemiennych o możeby wielkiej częstości, dochodzącej do kilkudziesięciu tysięcy zmian na sekundę i kilkaset tysięcy wolt napięcia elektrycznego. Takimi prądami udało mu się wywołać efekty przedtem zgoła nieznane: łącząc lampkę żarową z jedną tylko końcówką transformatora dającego owe prądy o wysokim potencjale, Tesla otrzymywał świecenie lampki; długie na metr rurki szklane starannie ewakuowane świeciły zupełnie jasno, skoro je brał jedną ręką a drugą dotykał końcówki. O wiele potężniejsze działania otrzymywał Tesla przy zastosowaniu butelek lejdeckich.

Z nowych doświadczeń warto przytoczyć następujące: do wolnego końca swojej cewy indukcyjnej Tesla przybliży kawałek metalu, trzymany w ręce podczas gdy na drugiej końcówce mieści się wielka kula mosiężna; w odległości 25 cm wytryskuje prawdziwy potok iskier trzeszczących, które ustają z chwilą, gdy metal dotknie końcówki. Ramię postrzegacza w chwili owej przenika potężny prąd wibrujący blisko milion razy na sekundę. W całym pokoju siły elektrostatyczne dają się spostrzegać, a cząsteczki powietrza wprawione w szybki ruch uderzają silnie o ciało. W ciemności widać strumienie słabego światła wypływające z rozmaitych części ciała, które za dotknięciem odczuwa jakby ukłucia igły. Przy mniejszej częstości zmian zapewne z miejsc tych pod wpływem olbrzymiego ciśnienia elektrostatycznego wystąpiłaby krew. Dotykając, jak wyżej, metalowym ciałem jednej końcówki i zbliżając drugą ręką wolną do kuli mosiężnej utkwionej na drugiej końcówce, widzimy strumienie jasnego światła bijące z palców i całej ręki; przy większym zbliżeniu mogłoby między ręką a kulą wytworzyć się potężne i wielce niebezpieczne iskry. Te strumienie światła według Tesli posiadają napięcie jakich 200 000 wolt i zmieniają kierunek blisko milion razy na sekundę. Gdyby owe drgania zmieniały się na 4 razy prędsze, co mogłoby nastąpić przy 3 000 000 wolt, ciało otoczone byłoby powłoką płomienistą,

kóra przecież nie byłaby palącą i wogóle nie sprawiłaby najmniejszego obrażenia na ciebie.

O ile nam wiadomo, wynalazca pracuje obecnie nad oscylatorami mechanicznymi i elektrycznymi, które, zdaniem jego, powinny dać prądy o wysokim potencjale, mogące mieć znaczenie praktyczne. Widzimy, że nieustrudzony pracownik nie spoczywa na laurach, lecz wciąż wybiega myślą i czynem daleko po za zniośne i poziome dążenia mas, chleb nie tylko jest jego celem, możemy więc być pewni, że nieraz jeszcze usłyszymy o Tesli. S. Stetkiewicz Mikołaj Tesla Wszechświat 1894, 13: 171 (18 III)

Kłopoty z wodą i jej filtrowaniem

Woda studzienna rzadko kiedy odpowiada warunkom, wymagany od dobrej wody do picia. Dowiodły tego dla Warszawy i Królestwa badania chemiczne studziń, poczynione przez stacje higieniczne miejskie i przez lekarzy powiatowych w czasie ostatniej epidemii cholery. Prawie wszystkie bez wyjątku zawierały sole amonowe, lub azotowe, jak również chlor i kwas siarczany w nadmiernych ilościach, co dowodzi niezaprzeczenie zbyt bliskiego sąsiedztwa studziń z wychodkami, lub gnojówkami i przesiąkania ich zawartości do studziń, a co zatem idzie i możliwości zakażenia studziń drobnoustrojami, zawartymi w wydzielinach chorych. Wobec tego, że woda jest najniezbędniejszym artykułem do życia potrzebnym, pytanie, jak zaopatrywać wsi i miasta w wodę wolną od zaraźków, jest wagi pierwszorzędnej. Dla miast, lub osad większych urządzenie filtrów wielkich piaskowych, okazało się środkiem wystarczającym. Rządzącym przykładem zapobiegawczej działalności filtrów jest Hamburg i jego przedmieście Altona. Bowiem w czasie ostatniej cholery, epidemia szerzyła się srodo w Hamburgu niemającym wówczas wody filtrowanej, a ominęła Altonę używającą tej samej wody z Elby, lecz filtrowanej przez piasek.

Urządzenie filtrów piaskowych jest kosztownem i na małą skalę nie- możebnem. Dlatego też zaproponowano cały szereg rozmaitych filtrów małych, mających dostarczać wody do picia, uwolnionej od bakterji, o masie filtrującej najrozmaitszego składu: azbestu, gliny palonej, ziemi okrzemkowej, węgla kostnego lub drzewnym i t. d. Wszystkie one posiadają wogóle jedną wspólną cechę, a mianowicie dają wodę początkowo nieoczyszczoną, następnie pozbawioną bakterji mniej lub więcej dokładnie, a następnie dają wodę, zawierającą bakterji więcej, niż woda do filtrowania przeznaczona. W ten więc sposób dla każdego filtra rozróżnić należy okres działania dobrego i okres, kiedy on wodę przestaje czyścić, a przeciwnie zaczyna ją zakażać. Aby więc mózż używać filtrów domowych z zupełną pewnością, należałoby, według naszych obecnych pojęć, wodę filtrowaną często na ilość bakterji badać, co samo przez się zmniejsza prawie do zera ich praktyczną wartość.

Posiedzenie 3-cie sekcji chemicznej w dniu 13-ym lutego. Wszechświat 1894, 13: 141 (4 III)

Nowy receptor wirusa HIV. Od dawna wiadomo, że wirus HIV, wywołujący zespół nabytej utraty odporności immunologicznej (AIDS), wnika do komórek, które atakuje dzięki oddziaływaniu z pewnym białkiem na ich powierzchni. Białko to pełni rolę receptora dla wirusa i określane jest jako receptor CD4. Naukowcy od dawna podejrzewali, że jeszcze co najmniej jeden receptor na powierzchni atakowanych komórek ułatwia wirusowi wnikanie do ich wnętrza. Ostatnio zespół badaczy z Instytutu Pasteura w Paryżu znalazł drugi receptor dla wirusa HIV, który został oznaczony jako CD26. Doświadczenia przeprowadzone na myszach wykazały, że komórki tych zwierząt atakowane są przez wirus HIV tylko wtedy, jeśli posiadają oba receptory: CD4 i CD26. Obecność obu receptorów jest więc konieczna, by wirus mógł wniknąć do komórki.

Stwierdzono polimorfizm genetyczny receptora CD26: sekwencja aminokwasów białka CD26 niektórych z badanych osób była odmienna od typowej. Być może ten polimorfizm receptora CD26 oznacza, że niektórzy z nas są bardziej bądź mniej wrażliwi na infekcję wirusem HIV.

Odkrycie drugiego receptora dla wirusa HIV może otworzyć nowe drogi profilaktyki i terapii AIDS — poprzez znalezienie związków chemicznych, które unieczynniają receptor CD26 bądź hamują jego biosyntezę.

Life Sci., December 1993, 16

G. B.

Nowe podejście w poszukiwaniach szczepionki przeciw AIDS. Dogmatem wśród badaczy usiłujących wytworzyć szczepionkę przeciw AIDS było, że szczepionka taka musi wybić co do jednego wszystkie wirusy, które mogą wniknąć do organizmu, a więc dokonać „sterylizacji immunologicznej”. HIV łączy się z genomem komórki w sposób trwały, a taki zintegrowany z komórką wirus jest, jak podkreśla współodkrywca HIV, Robert Gallo, niewykrywalny przez system immunologiczny ustroju i może w każdej chwili doprowadzić do pojawienia się pełnoobjawowego AIDS. Aby znaleźć drogę do takich szczepionek, postanowiono przeprowadzić badania na małpach zakażonych małpią odmianą wirusa AIDS: SIV (*simian immunodeficiency virus*). Jako szczepionki postanowiono użyć niebezpiecznej, ale niezwykle silnej, szczepionki słabo oczyszczonej. Gdyby dzięki niej udało się poznać mechanizmy zwalczania SIV, można byłoby przystąpić do prób z odpowiednio zmodyfikowanymi, uzyskanymi na drodze inżynierii genetycznej i bezpiecznymi szczepionkami przeciw SIV i AIDS. W 1989 r. doniesiono, że szczepionki przygotowane z całych martwych wirusów w warunkach laboratoryjnych są w stanie wyniszczyć SIV u małp i zapobiec zakażeniu. Trzy lata później okazało się, że szczepionka jednak nie działa, a wstępne wyniki były artefaktem laboratoryjnym. Następne dwa lata badań nie doprowadziły do stworzenia całkowicie sterylizującej szczepionki przeciw SIV.

Z punktu widzenia badaczy poszukujących szczepionki sterylizującej badania nad szczepionką przeciw SIV okazały się całkowitą klęską. Jednakże w doświadczeniach prowadzonych przez Vanessę Hirsch, w których po zaszczepieniu małp podano im żywego SIV, okazało się, że chociaż wszystkie zwierzęta stały się seropozytywne, trzy z pięciu małp zaszczepionych przeżyły zdrowo przynajmniej 18 miesięcy, podczas gdy wszystkie nieszczepione zakażone małpy padły. Ewidentnie, system odpornościowy zaszczepionych małp może lepiej kontrolować wirusa. Podobne wyniki uzyskano w innych ośrodkach: szczepionki powodowały dłuższe przeżycie i zmniejszenie ilości wirusów w krwi. Wirus pojawiał się np. tylko w węzłach limfatycznych albo jego stężenie we krwi wynosiło tylko 10-20% poziomu obserwowanego u małp kontrolnych.

Małpy zaszczepione nie tylko przeżywały infekcję SIV dłużej, ale stały się mniej zakaźne. Niestety, brak obecnie danych dotyczących małp zaszczepionych wirusem ludzkim, HIV. Po prostu koszt utrzymywania małp zakażonych HIV, od których mógłby zarazić się personel pomocniczy i badacze, jest bardzo duży i ze względów ekonomicznych, kiedy wirus pojawiał się we krwi, doświadczenie uważano za nieudane i małpy zabijano. Nie ma więc na razie danych dotyczących wpływu szczepionki przeciw HIV na przeżywalność i obraz AIDS, nie ulega jednak wątpliwości, że badania takie zostaną podjęte.

Inne interesujące wyniki dotyczą spraw jeszcze ryzykowniejszych niż szczepionka. Okazało się bowiem, że u małp zakażonych doodbytniczo małą dawką SIV nie rozwinęły się objawy choroby ani odpowiedź immunologiczna na wirusa, a nieznaczne ilości SIV można było stwierdzić we krwi tylko najczulszymi metodami PCR (reakcji łańcuchowej polimerazy). Krew z tych małp zdolna była zakażać inne małpy, natomiast ponowne ich zakażenie, nawet dużą dawką SIV, nie powodowało żąd-

nych objawów. W innym doświadczeniu u małp, którym na słówkę podano SIV, wirus pojawił się przejściowo w krwi, ale potem zniknął.

W wyniku tych badań zaczęto zastanawiać się, co właściwie jest celem szczepionki: uniemożliwienia zakażenia czy zahamowanie rozwoju choroby? Zaczyna pojawiać się pogląd, który kilka lat temu uważany byłby za herezję: „Każda szczepionka wirusowa chroni przed chorobą, nie przed zakażeniem”. Sądzi się obecnie, że sterylizacyjna szczepionka przeciw AIDS jest celem nierealistycznym. Być może zmniejszenie stężenia wirusa w krwi i opóźnienie wystąpienia pełnoobjawowego AIDS może być dobrym celem badań, przynajmniej do czasu znalezienia szczepionki sterylizującej. Obecnie od zakażenia do wystąpienia pełnoobjawowego AIDS upływa ok. 10 lat. Jeżeli uda się ten czas przedłużyć, np. do lat 30, byłoby to, z punktu widzenia chorego, kolosalne osiągnięcie. Z całą pewnością prace nad szczepionką sterylizującą będą w tym czasie kontynuowane i być może w końcu uwieńczone sukcesem.

Oczywiście sprawa poszukiwania i wprowadzenia szczepionki przeciw AIDS zamiast szczepionki niszczącej HIV nie jest taka prosta. Bezobjawowy AIDS nie jest całkiem bezobjawowy (*Wszechświat* 1993, 94: 314). Zainfekowani i tak będą żyli pod mieczem Damoklesa, nie wiedząc, czy i kiedy nastąpi atak choroby. Ponadto chorzy z niskim mianem wirusa zapewne będą jednak zakaźni: chociaż może w mniejszym stopniu, będą za to mieli szansę żyć dłużej. Nie ulega wątpliwości, że zmiana sposobu myślenia o tym, jak powinna działać szczepionka przeciw HIV, może doprowadzić do powstania metody zapewniającej dłuższe, względnie „zdrowe” przeżycie pacjentów. Czy jednak ostateczny efekt dla całej ludzkiej populacji będzie korzystny? Zarówno epidemiologiczna, jak i etyczna strona tej nowej filozofii walki z AIDS jest bardzo złożona.

Science 1993, 262: 1820

J. Latini

Jelenie w zonie buforowej czyli pokój może przynieść głód. Zasada, że gdzie dwóch się kłóci tam trzeci korzysta, dotyczyć może nie tylko osobników jednego gatunku. Ostatnio opracowany prosty model matematyczny sugeruje, że pomiędzy stadami wilków, przestrzegających swoich terytoriów, powstają poacie „ziemi niczyjej”, w których szczególnie gęsto występują zwierzęta, stanowiące potencjalną zdobycz.

Badane w północno-wschodniej części stanu Minnesota wilki żyją i polują w niewielkich grupach, liczących przeciętnie 5-15 osobników. Ogłaszają one swoją obecność i prawo do terytorium przez znakowanie go moczem. Czynią to w sposób podobny jak psy: obsikują różne punkty unosząc tylną łapę. Precyzyjni Amerykanie nadali temu nazwę RLU (*raised leg urination* czyli oddawanie moczu z uniesioną nogą). RLU dokonuje kilka dominujących osobników w stadzie.

Jeżeli wilk nie natrafia na obce ślady RLU, porusza się w zasadzie w kierunku od centrum, w poszukiwaniu zdobyczy, a sam dokonuje RLU rzadko. Jeżeli jednak napotyka ślady obcego stada, wilk wycofuje się ku centrum terytorium, równocześnie zwiększając częstotliwość RLU. Na granicy terytorium ilość „znaków” jest dwukrotnie wyższa niż we wnętrzu i biegnący wilk napotyka je co 2-3 minuty. Stanowi to sygnał, aby nie zapuszczać się w okręg zakazany. Jak wykazuje modelowanie matematyczne, doprowadza to do powstania stabilnych i stałych terytoriów polowań.

Podział obszaru połowów na terytoria i wzajemne przepędzanie się osobników z obcych stad ma ważne znaczenie dla utrzymania populacji w dobrej kondycji, a zwłaszcza zapewnienie jej stałego źródła pokarmu. Jak wykazało dalsze modelowanie, gęstość populacji głównej zdobyczy wilków, jelenia wirginijskiego *Odocoileus virginianus*, powinna drastycznie wzrastać właśnie w strefie buforowej między dwoma stadami, gdzie wilki zapuszczają się rzadko. W ten sposób utrzymuje się podstawowe stado jeleni.

Fakt, że jelenie uciekają do obszarów, gdzie wrogów jest najmniej, jest zrozumiały i dotyczy nie tylko ucieczki przed wilkami. W czasie długotrwałych wojen pomiędzy Indianami ze szczepu Siouxów i Chippewa, w latach 1780-1850, jelenie znalazły ostoję w terytoriach pogranicznych, niezamieszkałych przez łowców, ale będących miejscem polowań na ludzi raczej niż na zwierzęta. Kiedy w końcu Indianie wypalili fajkę pokoju i nastąpił długotrwały rozejm, terytoria buforowe zniknęły, jelenie zostały szybko wybite i — po krótkim okresie pokoju i sytości — na oba szczepy spadła klęska głodu.

Nature 1993, 366: 738

J. Latini

RECENZJE

R. Andrzejewski i M. Baranowski (red.): *Stan środowiska w Polsce*. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Centrum Informacji o Środowisku GRID, Warszawa 1993, 105 s., 49 ryc., 42 fot., 19 tab., indeks.

Skuteczność działań podejmowanych na rzecz ochrony środowiska zależy w dużej mierze od świadomości społecznej o zmianach zachodzących w przyrodzie. Świadomość taką można wyrobić u społeczeństwa tylko poprzez rzetelną i powszechną informację. Próbą dotarcia do normalnego człowieka z taką informacją jest prezentowane opracowanie *Stan środowiska w Polsce*.

Stan środowiska w Polsce nie jest rzeczą jasną pierwszym raportem o stanie środowiska przyrodniczego naszego kraju, a różnorodne dane o zanieczyszczeniach środowiska są regularnie publikowane przez Główny Urząd Statystyczny. Były to jednak opracowania albo przeznaczone dla wąskiego kręgu osób, albo podające niepełne dane. *Stan środowiska w Polsce* jest opracowaniem bardzo przystępnym, zrozumiałym dla każdego i obejmującym całokształt zagadnień związanych ze środowiskiem przyrodniczym naszego kraju.

Monitoring środowiska opiera się na dwóch grupach metod. Pierwsza z nich to metody obiektywnej rejestracji zjawisk i prognozowania procesów w oparciu o dane z pomiarów czy analiz. Metody te pozwalają na ustalenie określonych tendencji w zmianach środowiska przyrodniczego (np. zmiany zawartości określonych substancji w atmosferze, hydrosferze, glebie). Druga grupa metod opiera się na odczuciach subiektywnych i jest stosowana tam, gdzie nie można używać urządzeń pomiarowych czy analitycznych. Dotyczy to np. szacowania ilości określonych gatunków zwierzyzny łownej, czy gatunków drzew, ale i wpływu niektórych zanieczyszczeń na stan środowiska naturalnego.

Książka napisana jest przez 17 wybitnych fachowców. Składa się z 13 rozdziałów, podsumowania i indeksu. Mimo iż poszczególne rozdziały są zaledwie kilkunastonicowe, autorzy zdołali przedstawić w nich główne problemy dotyczące określonych aspektów zmian środowiska przyrodniczego kraju. Rozdziały te dotyczą następujących zagadnień: środowiska geograficznego Polski, klimatu Polski w aspekcie zmian globalnych, użytkowania ziemi, obszarów i gatunków chronionych, lasów, środowiska rolniczego, gleb, powietrza, wód śródlądowych i Morza Bałtyckiego, wód podziemnych, opadów, hałasu i wibracji oraz radioaktywności. Wszystkie rozdziały są bogato ilustrowane barwnymi fotografiami, mapami, wykresami, tabelami i schematami, mającymi obrazować zmiany zachodzące w środowisku przyrodniczym naszego kraju.

Mimo iż stan środowiska naturalnego Polski w wielu punktach odbiega daleko od standardów europejskich, autorzy nie straszą czytelnika apokaliptyczną zagładą. Wskazują jednocześnie na pozytywne tendencje, jak i na przedsięwzięcia w zakresie ochrony środowiska, stawiające nasz kraj w czołowie krajów kontynentu europejskiego. Chodzi na przykład o parki narodowe, których stan i zagospodarowanie może być przykładem godnym naśladowania. Oczywiście, głównym celem książki jest zainteresowanie czytelnika stanem środowiska i tym, co uczynić, aby woda, powietrze, gleby nie mogły szkodzić człowiekowi.

Stan środowiska w Polsce jest cenną pozycją. W moim odczuciu, jedną z najlepszych, traktujących o aktualnym środowisku przyrodniczym naszego kraju. Rozpropagowanie książki, szczególnie wśród uczniów, przyniesie na pewno wymiennie korzyści. Tylko bowiem uświadomienie społeczeństwa może wywołać pożądane dla środowiska reakcje.

Włodzimierz Mizerski

Borys S. Jermakow: *Lesnyje rastienija w waszem sadu (Plodowojagodnyje dierewja i kustarniki)*, Moskwa 1992, II wyd. Wyd. Ekologija, s. 160.

Owoce leśne cieszą się obecnie dużym zainteresowaniem w krajach Europy Zachodniej. Odnosi się to zwłaszcza do obszarów niemieckojęzycznych (szczególnie RFN i Szwajcarii), a także krajów skandyna-

wskich. Duże zainteresowanie leśnymi jagodami i owocami występuje również na terenie obecnej Wspólnoty Niepodległych Państw, zwłaszcza na rozległych obszarach Federacji Rosyjskiej. Do najciekawszych książek wydanych ostatnio w Rosji należy praca Borysa S. Jermakowa pt. *Rośliny leśne w waszym sadzie (Drzewa i krzewy owocowe i jagodowe)*. Pierwsze wydanie tej książki ukazało się już w 1987 roku spotykając się z dużym zainteresowaniem rosyjskich czytelników. W roku 1992 wyszło drugie wydanie. Zostało ono przede wszystkim rozszerzone przez uwzględnienie winnej latorośli, borówki bagiennej, żurawiny, a także leszczyny i orzecha włoskiego.

Celem książki B.S. Jermakowa jest zapoznanie szerokich kręgów rosyjskich czytelników z najbardziej znanymi owocowymi drzewami i krzewami leśnymi rosnącymi na obszarach centralnej Rosji, przedstawienie ich podstawowych właściwości żywieniowych i smakowych, a także możliwości ich wykorzystania w przydomowych sadach lub na tzw. dachach. Stąd też została ona wydana w stosunkowo dużym nakładzie (100 000 egzemplarzy). W książce — wbrew tytułowi — przedstawiono nie tylko leśne drzewa czy krzewy owocowe, ale również uprawiane od dawna na obszarze Rosji m. in. jabłonie, grusze, wiśnie czy śliwy.

Omawiana książka składa się z „Przedmowy”, rozdziału „Znaczenie roślin owocowych zawierających witaminy”, dwudziestu ośmiu rozdziałów poświęconych poszczególnym drzewom i krzewom owocowym, rozdziału „Rozmnażanie roślin drzewiastych za pomocą sadzonek” oraz zakończenia. W części szczegółowej omówiono owoce następujących drzew i krzewów: aktynidia, aronia, berberys, głóg, dziki bez, winna latorość, wiśnia, borówka bagienka, jeżyna, suchodrzew, świdosiłwa, kalina, żurawina, agrest, leszczyna, cytrynowiec chiński, malina, jałowiec, rokitnik, orzech włoski, jarzębina, śliwa, porzeczka, pigwowiec, czeremcha, dzika róża, jabłoni. Pod względem witamin owoce, zwłaszcza leśne, zajmują niewątpliwie pierwsze miejsce wśród innych produktów. Wśród znanych szesnastu witamin (s. 6) prawie wszystkie znajdują się w owocach. Niektóre owoce posiadają także czynne substancje zwalczające drobnoustroje tzw. fitoncydy. Stąd też wiele owoców wykorzystuje się w profilaktyce i przy leczeniu chorób. Do najbardziej znanych należą: aktynidia, berberys, głóg, czarna bez, wiśnia, suchodrzew, rokitnik, cytrynowiec chiński, kalina, żurawina, jarzębina, porzeczka, czeremcha, dzika róża, jabłoni i inne.

Nie sposób w krótkiej recenzji omówić wszystkie wymienione tutaj drzewa i krzewy owocowe. Dlatego zwrócę jedynie uwagę na najmniej znane w naszym kraju, chociaż warte uprawy. Do takich roślin należy niewątpliwie aktynidia. Jako godne polecenia wymienić można dwa gatunki: aktynidię ostrolistną *Actinidia arguta* i aktynidię pstrolistną *Actinidia kolomicta*. Spokrewnione z nimi kiwi stały się obecnie bardzo popularne — pochodzą jednak wyłącznie z importu. Zupełnie nieznaną jest w Polsce jadalna suchodrzew, którego owoce dojrzewają już w czerwcu (przed poziomkami i truskawkami). Do jadalnych gatunków zalicza się suchodrzew jadalny *Lonicera edulis*, kamczacki *L. kamschatcica*, Turczaninowa *L. Turczaninowii*, altajski *L. altaica*. Bardzo cenione są przez narody Dalekiego Wschodu owoce cytrynowca chińskiego *Schisandra chinensis*, gdyż wzmacniają one siły życiowe organizmu. Mogą służyć do produkcji różnego rodzaju leczniczych preparatów, których działanie porównywalne jest do znanego żeń-szenia. Za źródło witamin uchodzi obecnie rokitnik zwyczajny *Hippophae rhamnoides*. Na obszarze Rosji otrzymano już szereg interesujących odmian tych roślin. Na uwagę zasługuje też zwłaszcza jarzębina bzolistna *Sorbus sambucifolia*, a także formy uprawowe naszej jarzębiny (m. in. „Likiemaja”, „Granatnaja”, „Diesiertnaja”, „Burka”). Natomiast pochodzenia amerykańskiego są świdosiłwy odznaczające się wcześniej dojrzewającymi smacznymi owocami. Znanych jest wiele ich gatunków (*Amelanchier ovalis*, *A. canadensis*, *A. spicata*).

Jako obniżające walory tej ciekawej skądinąd książki należy ocenić całkowity brak nazw łacińskich, co bardzo utrudnia lekturę. Także niska jakość papieru i bardzo drobny druk nie ułatwiają wcale jej lektury. Natomiast stosunkowo wysoka jest jakość przedstawionych fotografii. Wkradł się tutaj jednak poważny błąd, gdyż zamiast czeremchy pospolitej przedstawiono kruszynę pospolitą. Ta ostatnia posiada owoce niejadalne, a nawet trujące dla człowieka.

Eugeniusz Kościński



„BAZIE” WIERZBOWE. Fot. J. Płotkowiak



PIŻMAK *Ondatra zibethicus*. Fot. D. Karp