

PL ISSN 0023-4349

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS



ROK XXXV

WARSZAWA 1986

ZESZYT 3 (192)

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

K O S M O S



Warszawa 1986

Państwowe Wydawnictwo Naukowe

RADA REDAKCYJNA

prof. dr Leszek Kuźnicki (wiceprzewodniczący), *prof. dr Włodzimierz Michajłow*, *prof. dr Włodzimierz Ostrowski*, *prof. dr Henryk Szarski*, *prof. dr Przemysław Trojan*, *prof. dr Adam Urbanek* (przewodniczący), *prof. dr Kazimierz Zieliński*
sekretarz: *mgr Jadwiga Kobuszevska*

KOMITET REDAKCYJNY

doc. dr Władysław Goliński, *prof. dr Krystyna Kisielewska*, *prof. dr Adam Łomnicki*,
prof. dr Włodzimierz Michajłow (redaktor naczelny), *prof. dr Halszka Osmólska*,
prof. dr Aleksandra Przełęcka, *prof. dr Andrzej Wierciński*, *prof. dr Kazimierz Lech Wierzchowski*
(zastępca redaktora naczelnego), *prof. dr Jerzy Żuk*
sekretarz: *mgr Jadwiga Kobuszevska*

Redaktor tomu: *prof. dr inż. Stefan Kozłowski*

Adres redakcji: 00-901 Warszawa. Pałac Kultury i Nauki, XIX p.
Polskie Towarzystwo Przyrodników im. M. Kopernika
(tel 20-02-11. wewn. 25-44)

Wydano z pomocą finansową
Polskiej Akademii Nauk

PANSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — WARSZAWA MIODOWA 10

Nakład 1024+106. Ark. wyd. 10,0. Ark. druk. 8,0. Papier druk.
mat. III 71 g. B-1.

Oddano do składania 14.IV.1986 r. Podpisano do druku 9.IX.1986 r.
Druk ukończono we wrześniu 1986 r.

Zam. 226/86

P-28

Cena zł 140,—

WARSZAWSKA Drukarnia Naukowa, WARSZAWA ul. ŚNIADECKICH 8

WYPOWIEDŹ NA III KONGRESIE NAUKI POLSKIEJ

W referacie o stanie i zadaniach nauki polskiej wiele już powiedziano o roli i znaczeniu nauk biologicznych. Pragnę więc zaproponować tylko kilka konkluzji i poczynić parę uwag dodatkowych.

W środowiskach naukowych istnieje zgodność co do tego, że biologia współczesna znajduje się w fazie burzliwego rozwoju, którą można określić mianem rewolucji naukowej. Wyraża się to w wielu fascynujących odkryciach dotyczących materialnego podłoża dziedziczności, możliwości konstruowania nowych systemów genetycznych nie występujących w przyrodzie, wykorzystania systemów biologicznych w technologii przemysłowej, ustalenia zasad funkcjonowania i utrzymywania równowagi dużych systemów ekologicznych. Towarzyszą temu nowe i kontrowersyjne odkrycia, odnoszące się do historii wielkich faun i flor kopalnych, rzucające nowe światło na mechanizmy rozwoju i przyczyny wymierania organizmów, nowe spojrzenie na metody klasyfikacji organizmów żywych oraz na biologię i ewolucję zachowania zwierząt.

Osiągnięcia te mają nie tylko podstawowe znaczenie poznawcze, ale wkraczają szybkim krokiem w życie gospodarcze społeczeństw i rychło wpłyną na życie każdego człowieka. Pragniemy z mocą podkreślić, że biologią ma strategiczne znaczenie dla polityki naukowej w świecie i powinna mieć takie samo znaczenie również w naszym kraju. Jej szybkie postępy przynoszą nie tylko coraz to lepsze zrozumienie ustrojów żywych i całej biosfery — systemu żywego planety — ale spowodowały, że biologia jest podstawą medycyny i źródłem postępu dużych działów rolnictwa i produkcji żywności, źródłem innowacji w technologiach przemysłowych oraz w ochronie środowiska. Człowiek współczesny wiąże wiele nadziei z dalszym postępowaniem nauk biologicznych, m.in. ze zwalczaniem chorób nowotworowych i dziedzicznych.

Wielkie odkrycia dokonane w naukach biologicznych w ostatnim 40-leciu wytworzyły atmosferę zaciekawienia i oczekiwania... a niekiedy także obawy. Ten klimat intelektualny sprzyja zainteresowaniu środowisk przyrodniczych problematyką biologii. Biologia nie tylko wykrywa prawa rządzące określoną dziedziną rzeczywistości, ale w coraz to większym stopniu staje się interesującą dla całego przyrodznawstwa. Następuje też integracja tych nauk wokół problematyki biologicznej. Wyrazem tego jest coraz to częstsze podejmowanie badań nad ustrojami żywymi, nad zjawiskami i procesami biologicznymi przez przedstawicieli nauk ścisłych — matematyków, fizyków i chemików — znajdu-

jących tu wdzięczne pole badań i wzbogacających niepomiarnie arsenał środków i metod badawczych. Niedocenianie biologii należy więc do przeszłości. Biologia staje się też źródłem refleksji filozoficznej i światopoglądowej, czego dowodem jest m.in. powstanie nowego czasopisma „Biology and Philosophy” redagowanego przez wybitnych biologów i filozofów, a wydawanego przez znane wydawnictwo Reidel & Co w Holandii. W pierwszym numerze tego pisma stwierdza się, że nauki biologiczne przeżywają obecnie nową rewolucję, a ich dynamiczny rozwój można porównać jedynie z pierwszymi latami po ukazaniu się dzieła Darwina „O powstawaniu gatunków”. Ale ten pierwszy ferment w nauce miał przede wszystkim charakter przewrotu intelektualnego i metodologicznego — towarzyszyła mu zaś wiara w niewyczerpalne możliwości eksploatacji pierwotnych zasobów przyrody. Nowa rewolucja naukowa w biologii wprawdzie skończyła definitywnie z XIX-wieczną ignorancją w dziedzinie praw dziedziczności, ale także rozwiązała mit o nieorganicznych możliwościach korzystania z pierwotnych zasobów przyrody żywej. Współczesna biologia natomiast stwarza niezwykle wprost możliwości odtwarzania i pomnażania tych zasobów oraz daje podstawy do ich rozumnego wykorzystania i ochrony.

Za tymi stwierdzeniami powinna pójść zmiana stosunku do nauk biologicznych, dostrzeżenie ich przewodniego znaczenia w polityce naukowej. Dalej — co pragnę z mocą podkreślić — powinny pójść konsekwentnie fakty materialne: odpowiednie nakłady, środki dewizowe, inwestycje budowlane, a także system płac uwzględniający szczególne priorytety naukowe. Z trybuny III Kongresu Nauki Polskiej nauki biologiczne, w sformułowanym poprzednio szerokim pojęciu, postulują odpowiednią repartycję tych środków, uwzględniającą w większym stopniu rolę, potrzeby i znaczenie biologii. Obecna struktura nakładów jest tradycyjna — nie odpowiada ona aktualnej sytuacji w nauce i obecnemu znaczeniu nauk biologicznych, a także kwalifikacjom, potencjałowi i ambicjom naszej kadry. Podkreślamy też decydujące znaczenie importu kluczowej aparatury, która decyduje o poziomie badań, a w konsekwencji o naszej obecności w nauce światowej. W toku prac przygotowawczych do III Kongresu Nauki Polskiej opracowano listę takiej niezbędnej aparatury i pragnę z całą odpowiedzialnością stwierdzić, że stanowi ona niezbędny warunek realizacji naszego programu w dziedzinie nauk biologicznych. Pragniemy, aby te postulaty znalazły się w uchwale III Kongresu Nauki Polskiej.

Pzwólcie Państwo, że od tych spraw konkretnych, które — mam nadzieję — będą uwzględnione w praktyce naszego życia naukowego, przejdę na chwilę do tego, co stanowi podstawę znaczenia nauk biologicznych dla człowieka. Tą podstawą są same organizmy żywe. Ich niezwykle właściwości ukształtowały się w procesie ewolucji — najdłuższym procesie biologicznym, który trwa na Ziemi już ponad 3,5 mld lat. Doskonałość ustroju żywego to rezultat olbrzymiej liczby prób i błędów, kumulowania ulepszeń i faworyzowania nowatorskich rozwiązań. Organizacja istot żywych i systemów biologicznych różnego szczebla powstała dzięki zastosowaniu najstarszej biotechnologii świata — technologii doboru naturalnego. Nic dziwnego, że ustrój żywy był od dawna obiektem kontemplacji, zaciekawienia i prób naśladowania.

Właśnie naśladowanie organizacji i procesów życiowych jest źródłem częstej inspiracji człowieka. Jest to strategia biomimikry, wykorzystywana w bionice i inżynierii biomedycznej. Budowa oka, konstrukcja ręki były przedmiotem kontemplacji XVIII-wiecznych myślicieli jako dowody mądrości i dobroci Stwórcy. Dziś widzimy w nich podziwu godne wynalazki Natury i upatrujemy modele maszyn i urządzeń technicznych bliskie optymalnych rozwiązań. Biomimikra to również naśladowanie przebiegu, mechanizmu, rezultatów, a także, chciałoby się powiedzieć, stylu procesów zachodzących w żywym ustroju, zwłaszcza reakcji biochemicznych. Podczas gdy biotechnologia stawia sobie za zadanie intensywne i zintegrowane wykorzystanie istniejących mechanizmów biologicznych w procesach technologicznych, biomimikra oznacza uzyskanie podobnych rezultatów przez stosowanie zastępczych związków, katalizatorów i materiałów, wzorowanych jednak na tych, które występują w ustrojach żywych. Biomimikra tak rozumiana nie jest żadną beletrystyką, ale konkretnym programem realizowanym, np. w Japonii, przez wysoko kwalifikowanych specjalistów.

Godzi się tu przypomnieć, że Jan Dembowski, wybitny polski biolog i pierwszy Prezes Polskiej Akademii Nauk, był autorem rozprawy o naśladowaniu zjawisk życiowych jako metodzie biologicznej (1924). W tym czasie była to zasada heurystyczna o znaczeniu czysto poznawczym, zaś proste modele fizyko-chemiczne miały ułatwiać zrozumienie skomplikowanych procesów życiowych. Dziś natomiast naśladowanie zjawisk i procesów biologicznych — biomimikra — jest instrukcją praktycznego działania. Stanowi to dobrą miarę tej wielkiej drogi, którą przeszła biologia w ciągu ostatnich dzieścioleci.

Człowiek sam jest nieodrodną częścią przyrody, wywodzi się z niej i zachował z nią wielostronne i głębokie związki emocjonalne. Całokształt tych stosunków E. O. Wilson, znany biolog amerykański, nazywa „biofilia”. Ludzkość może istnieć i rozwijać się tylko jako część biosfery. Ta wielka prawda zbyt późno dociera do świadomości społecznej. Współistnienie ze światem żywym jest człowiekowi niezbędne jako warunek komfortu życia. Jest to jedna z najgłębszych przesłanek nowego stosunku człowieka do przyrody, który zarazem oznacza powrót do podstawowych archetypów istoty ludzkiej.

Stworzenie lepszych warunków rozwoju biologii leży w żywotnym interesie nauki polskiej. Taka jest bowiem logika obecnej sytuacji, jaka wytworzyła się w nauce światowej. W ten też sposób najlepiej służyć możemy naszemu krajowi i społeczeństwu. Środowisko biologów proponuje wartościowy program badań poznawczych, otwierających także dobre perspektywy zastosowań praktycznych.

We współczesnej biologii zaznacza się bowiem jedność priorytetów poznawczych i utylitarnych. Najciekawsze intelektualnie problemy obiecują też najwięcej pod względem praktycznym. Proponujemy, podobnie jak na II Kongresie Nauki Polskiej, koncentrację badań w trzech kompleksach problemowych: I — w **kompleksie biologii molekularnej, inżynierii genetycznej, biotechnologii**; II — w **kompleksie biologii środowiskowej**, obejmującym organicznie związane problemy ekologii, ochrony środowiska i ochrony przyrody,

i wreszcie zakładamy także przyspieszony rozwój III kompleksu problemów odnoszących się do **biologii ewolucyjnej i teoretycznej**. Zajmuje się on najbardziej złożoną formą ruchu materialnego świata, jakim jest **ewolucja biologiczna**, z którym konkurować może jedynie ruch idei, ruch myśli człowieka będącego zresztą również wytworem ewolucji.

Wyrażam przekonanie, że program ten znajdzie oddanych wykonawców wśród naszych koleżanek i kolegów oraz spotka się z pomocą, poparciem i zrozumieniem całej społeczności naukowej. Liczymy też na materialną i moralną pomoc czynników odpowiedzialnych za politykę naukową w naszym kraju. Włączając się w nurt rozwoju nowoczesnej biologii, służymy dobrze intelektualnym i materialnym potrzebom naszego społeczeństwa.

O EKOLOGII, OCHRONIE ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO I ZASOBACH NATURALNYCH*

Ogromnie wzrosło zainteresowanie ochroną środowiska i zasobów naturalnych zarówno wśród samych uczonych, jak i w szerokiej opinii publicznej. Przewodniczący naszego Kongresu, prof. Jan K. Kostrzewski, uznał odkształcenie środowiska przyrodniczego za jeden z trzech czołowych problemów współczesnego świata. Ochrona środowiska znalazła się w opracowaniach sekretarzy wszystkich wydziałów PAN. Była także omawiana w dziesięciu, z szesnastu, zespołach problemowych. Wielokrotnie nawiązywano do niej także w dyskusji kongresowej. Niewiele więc pozostało dla Zespołu V, w całości poświęconego „Kształtowaniu i ochronie środowiska przyrodniczego oraz racjonalnemu wykorzystaniu zasobów naturalnych”. Zespół ten stał się forum niezwykle gorących dyskusji — w listopadowej sesji Zespołu wzięło udział ponad 170 uczestników, a w raporcie końcowym musieliśmy uwzględnić uwagi ponad 45 specjalistów, którzy przedstawili je w czasie dyskusji lub dodatkowo na piśmie.

Pole zainteresowań i prac Zespołu porównać można do tortu, zresztą dość gorzkiego, skażonego i wyeksploatowanego. Jego warstwy poziome tworzą nauki o ziemi, nauki biologiczne, leśne i medyczne, a także techniczne; przekładki między nimi stanowią może ekologia, nauki o gospodarce wodnej, a może i filozofia życia. Ten interdyscyplinarny tort staraliśmy się krajać w poprzek dyscyplin, skutecznym narzędziem „do krajania” był dla nas zestaw wyselekcjonowanych pytań, z których tutaj przedstawimy tylko kilka.

Pierwsze z nich jest zasadnicze, choć może brzmieć naiwnie. Czy w aktualnej sytuacji kraju możemy sobie „pozwolić” na aktywną politykę ochrony i kształtowania środowiska, na zahamowanie jego degradacji i stopniową odbudowę? Czy możemy lansować zasadę oszczędnego gospodarowania zasobami naturalnymi?

* Tekst wystąpienia na III KNP przedstawionego przez prof. W. Grodzińskiego w imieniu V Zespołu Problemowego i przez Przewodniczącego tego zespołu — prof. Z. Kaczmarka. Pełny tekst referatu ukazał się w wydawnictwach kongresowych i będzie publikowany w czasopiśmie „Wiadomości Ekologiczne”. Referat został przygotowany przez Prezydium Zespołu pracujące w składzie: prof. Z. Kaczmarek — przewodniczący, W. Grodziński — zastępca przewodniczącego, M. Banaś, Z. Grabowski, J. Kindler (sekretarz), A. S. Kostrowicki, E. Pieczyńska, A. Szujecki.

Odpowiedzcie sobie Państwo sami, ale weźcie pod uwagę następujące, szeroko już znane fakty:

- Na komputerowych mapach zanieczyszczeń siarką z atmosfery Polska znajduje się w najbardziej dotkniętej strefie Europy. Większość naszego kraju otrzymuje rocznie, na każdy km^2 , 6 ton siarki w postaci opadów mokrych i suchych, a w Polsce Południowo-Zachodniej ilość rekordową w Europie — 12 t S/km^2 ;
- 13 Milionów Polaków, tj. 35% naszej populacji, żyje i pracuje w 27 obszarach zagrożenia ekologicznego, wśród których najdramatyczniejsza sytuacja jest w następujących: górnośląskim, krakowskim, legnicko-głogowskim (rys. 1).



Rys. 1. Obszary ekologicznego zagrożenia: I — szczeciński, II — gdański, III — poznański, IV — bydgosko-toruński, V — inowrocławski, VI — koniński, VII — włocławski, VIII — płocki, IX — legnicko-głogowski, X — wrocławski, XI — bełchatowski, XII — łódzki, XIII — tomaszowski, XIV — puławski, XV — chełmski, XVI — turoszowski, XVII — jeleniogórski, XVIII — wałbrzyski, XIX — częstochowski, XX — kielecki, XXI — tarnobrzeczski, XXII — opolski, XXIII — rybnicki, XXIV — myszkowsko-zawierciański, XXV — górnośląski, XXVI — krakowski, XXVII — tarnowski

- Kraj nasz odczuwa wielki deficyt wody, który sięga już blisko 2,0 mld m^3/rok , co stanowi 10% łącznych poborów wody. 40% ścieków nie podlega w ogóle oczyszczaniu, tylko 10% długości naszych rzek prowadzi czyste wody.

- Kurczą się zastraszająco nasze zasoby surowców mineralnych. W ciągu 30-40 lat skończą się zasoby siarki, rud miedzi, cynku i ołowiu, a już w latach dziewięćdziesiątych będziemy mieli duże trudności z utrzymaniem wydobycia węgla na obecnym, wysokim poziomie.
- Nasze lasy są chore. Obecnie 7-8% lasów jest już uszkodzonych przez emisję przemysłową. Według wyważonych prognoz, na początku lat dziewięćdziesiątych takich uszkodzonych lasów będziemy już mieli 3,8-4,6 mln ha, tzn. około połowę powierzchni leśnej. Nie chodzi tu już o samo drewno, które jest cennym surowcem, ale także o retencję wody, produkcję tlenu, zdrowie i rekreację ludzi.

Odpowiedzcie więc Państwo sami na pierwsze pytanie. Zespół nasz ostrzega: musimy ratować środowisko przyrodnicze, oszczędzać zasoby naturalne — już teraz, natychmiast!

Jaka jest rola uczonych i stan naszych nauk w zakresie ochrony i kształtowania środowiska oraz wykorzystywania zasobów naturalnych? Uczeń tych specjalności nie tylko są badaczami, ale muszą być także ekspertami kompetentnymi, wiarygodnymi i odważnymi, a równocześnie nauczycielami cierpliwie rozwijającymi świadomość ekologiczną całego społeczeństwa. Pozycja polskiej nauki w zakresie ekologii, ochrony środowiska i gospodarki zasobami naturalnymi jest zróżnicowana. W niektórych dziedzinach, np. w naukach dotyczących gospodarki wodnej, jest obecnie silna, w niektórych, np. w naukach ekologicznych, niedawno była jeszcze bardzo silna. W wielu naukach nie zdołaliśmy nadążyć jednak za ogromnym postępem, który odbył się na świecie właśnie w ostatnich 10-15 latach.

Wybór problematyki w nauce jest zawsze trudny i ryzykowny, dlatego w referacie Zespołu wymieniliśmy tylko dające się dzisiaj przewidzieć kierunki badań. Ze względu na przyszłość naszego kraju, badania związane z kształtowaniem środowiska przyrodniczego i zasobami naturalnymi muszą być specjalnością polskiej nauki. W naukach ekologicznych i dotyczących gospodarki zasobami wodnymi rozwija się u nas podejście systemowe, obok analitycznego i doświadczonego (np. doświadczenia na całych zlewniach).

Wymienimy tylko kilka przykładów badań, które uważamy za istotne:

- Opracowanie ekologicznych podstaw planowania przestrzennego w naszym kraju.
- Rozwój teorii określania wartości zasobów środowiska przyrodniczego (rachunek ekonomiczno-ekologiczny).
- Opracowanie modeli funkcjonowania ekosystemów i ich produktywności w warunkach presji przemysłowych i rolniczych (w tym także obiegu biogenów i polutantów).
- Rozwój modeli, dotyczących podstawowych procesów hydrologicznych oraz doskonalenie metod sterowania rozrządem zasobów wodnych.
- Sposoby ochrony i kształtowania lasów.
- Pospieszny rozwój technik służących do ograniczania emisji przemysłowych i utylizacji odpadów.
- Sposoby bardziej racjonalnego gospodarowania zasobami mineralnymi

(węgiel, siarka, miedź), lepsze ich wykorzystywanie, głębokie ich przetworstwo.

— Badania stanu zdrowia ludności w rejonach zagrożenia ekologicznego i metod ochrony zdrowej żywności.

— Wiele z tych zadań wymaga, jako narzędzia, zbudowania systemu monitoringu środowiska, który obecnie posiadamy tylko lokalnie, w nielicznych ośrodkach. System taki, zarówno w części ekologicznej jak i technicznej, powinien powstać w najbliższych latach na terenie całego kraju.

Badaniom z zakresu ekologii i szeroko rozumianej ochrony środowiska służyć mają w całości 3 programy centralne (CPBP i CPBR koordynowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, PAN i Ministerstwo Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych) oraz, częściowo, kilkanaście innych programów różnej rangi. Środki przewidywane na te programy nie są zbyt wielkie, według oceny Państwowej Rady Ochrony Środowiska, będą one stanowiły mniej niż 3% nakładów na badania podstawowe, są jednak obawy, iż może braknąć w tych dziedzinach kadry. Nie sądzę, aby brakło tutaj samych uczonych — jednak badacze zacięci i pracowici muszą być lepiej uzbrojeni w aparaturę pomiarową, w środki transportu, światowe czasopisma i książki oraz posiadać sieć stacji terenowych. Obecnie badacze ci są bardzo słabo uzbrojeni lub nawet rozbrojeni...

Z uznaniem witamy prace rządowe (Ministerstwa Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych) nad „Narodowym Programem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej do r. 2010”. W pracach tych spodziewamy się szerokiego udziału nauki i uczonych z ważącym głosem. Program ten winien być przygotowywany centralnie w skali krajowej, ale także oddolnie w skali każdego województwa, miasta czy gminy, aby szeroko zaangażował opinię społeczną. Program ten ma służyć na okres ćwierćwiecza, a więc co najmniej na jedno kolejne pokolenie Polaków. Wymaga on więc wiele wyobraźni i nowego podejścia zarówno do wartości naszego środowiska, jak i zasobów naturalnych. Musimy pamiętać o barierach ekologicznych, wodnych i surowcowych, o których mówił już prof. Roman Ney. Chciałbym wymienić dwa tylko przykłady, które pomogą być może twórcom tego ważnego programu.

Wszyscy wiemy, iż woda stała się już istotną barierą rozwoju przemysłu, szczególnie w południowej części Polski. Wybudowaliśmy kilka nowoczesnych i głębokich kopalń węgla kamiennego, takich jak „Piaśń”, „Czczot”, „Ziemowit”. Pompują one do górnej Wisły wielkie ilości solanki — ponad 5 tysięcy ton chlorków na dobę. Wiele milionów mieszkańców Polski Południowej straciło Wisłę jako źródło słodkiej wody. Doszło jednak w końcu do narastającego konfliktu pomiędzy górnictwem a hutnictwem żelaza i stali, ponieważ nasza największa huta (Kombinat Huty im. Lenina) nie może już używać tak zasolonej wody! Musimy znać cenę wody i cenę rozwijania przemysłów surowcowych.

Eksploatujemy zasoby mineralne, a nie doceniamy odnawialnych zasobów biomasy. W szalonym tempie wrywamy ziemi takie nieodwracalne bogactwa, jak węgiel, siarkę i inne. Nie chcę tutaj porównywać cen kilograma węgla lub stali z kilogramem biomasy, np. truskawek. Według informacji

z „Iglopolu”, w eksporcie, za kilogram tak złożonej produkcji jak samochód polonez otrzymujemy praktycznie tyle samo, co za jeden kilogram zamrożonych truskawek pierwszego gatunku. Powinniśmy produkować i samochody i truskawki, ale te pierwsze muszą być tak dorodne jak nasze truskawki.

Czy potrafimy ułożyć dobry Narodowy Plan Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej i co ważniejsze, czy potrafimy go aktywnie realizować? Musimy — nie mamy innego wyjścia, nawet kosztem okresowych wyrzeczeń. I to obecny Kongres powinien powiedzieć otwarcie — zarówno społeczeństwu jak i władzom.

W POSZUKIWANIU DRÓG SKUTECZNEGO DZIAŁANIA — GŁOS W DYSKUSJI NAD PRZYSZŁOŚCIĄ NAUKI W POLSCE*

Panie Przewodniczący, Panie i Panowie! Pragnę poruszyć trzy sprawy. Dwie dotychczas w ogóle nie były przedmiotem dyskusji, do trzeciej chciałbym dodać nowe elementy.

Pierwsza sprawa to społeczne oczekiwania od nauki i opinie o jej znaczeniu dla społeczeństwa. Jednym z zadań naszego kongresu jest ustalenie polityki naukowej w perspektywie 15-20 lat. Nie można tego poprawnie dokonać nie biorąc pod uwagę badań dotyczących społecznych zainteresowań rozwojem nauki. W tym zakresie szczególnie interesujące wyniki uzyskano ostatnio w Zakładzie Socjologii Nauki, który prowadzi prof. Salomea Kowalewska w Instytucie Filozofii i Socjologii PAN. Reprezentacyjnej próbie poddano 1200 osób z Warszawy i województwa warszawskiego. Badania te, jak i inne z tego zakresu, powinny zostać upowszechnione i uwzględnione przy kreśleniu planów rozwojowych na najbliższe 20-lecie. Społeczne oczekiwania wobec nauki ludności z obszaru Warszawy i woj. warszawskiego pokrywają się ze społecznymi oczekiwaniami charakterystycznymi dla krajów wysoko uprzemysłowionych. Nasze społeczeństwo spodziewa się przede wszystkim ograniczenia chorób cywilizacyjnych i ogólnego podniesienia poziomu stanu zdrowia. To jest zagadnienie nr 1, które może i powinna rozwiązać nauka. W drugiej kolejności oczekuje się od nauki zwiększenia bezpieczeństwa ekologicznego człowieka, zarówno w wyniku poprawy stanu środowiska, jak też jego ochrony przed szkodliwymi oddziaływaniami. Jest rzeczą zdumiewającą, że Zakład Socjologii Nauki IFiS PAN prowadził te badania w 1984 roku, a respondenci dali takie odpowiedzi, jakby znali raporty przedstawione wczoraj przez prof. Kornela Gibińskiego¹ i prof. Władysława Grodzińskiego². W trzeciej kolejności, co zresztą wynika i z innych badań socjologicznych, znajduje się kwestia wyżywienia i jakości życia, łącznie ze sferą kultury. Rola nauki w udoskonaleniu techniki nigdy nie była w ocenie społecznej faworyzowana. Ten obraz znajduje dodatkowe

* Redakcja przedstawia rozszerzoną wersję wystąpienia prof. dr Leszka Kuźnickiego na III Kongresie Nauki Polskiej (7 III 1986 r., na godzinę przed zakończeniem dyskusji plenarnej).

¹ Przewodniczący IV Zespołu Problemowego „Zdrowie społeczeństwa — uwarunkowania, perspektywy i rola nauk medycznych”.

² Wiceprzewodniczący V Zespołu Problemowego „Kształtowanie i ochrona środowiska przyrodniczego oraz racjonalne wykorzystanie zasobów naturalnych”.

potwierdzenie w ocenie hierarchii dwudziestu zawodów. Na pierwszym miejscu znalazł się lekarz, na drugim profesor uniwersytetu, zaś inżynier zajmuje odległe miejsce. Jest to ocena, której nie można lekceważyć, ale trzeba też zdawać sobie sprawę, iż nie jest ona specyficznie polska. Jest to wyraz obojętnego lub nawet niechętnego stosunku do współczesnych form postępu technicznego większości społeczeństw w krajach o rozwiniętej gospodarce.

Nauka uczestnicząca w rozwoju postępu technicznego powinna mieć na względzie trzy pojęcia: postępu społecznego, postępu technicznego i kultury technicznej. Te pojęcia nie zawsze się ze sobą pokrywają i wielokrotnie mogą być sobie przeciwstawne. Jeżeli na przykład dojdzie do militaryzacji kosmosu będzie to przedsięwzięcie o najwyższej skali postępu technicznego, natomiast nie będzie oznaczało postępu społecznego. Postęp techniczny, jak mogliśmy się przekonać sami w ciągu minionych 15 lat, nie musi oznaczać wzrostu zamożności zarówno kraju, jak i jego obywateli. Społeczeństwa krajów rozwiniętych chcą akceptować tylko taki postęp techniczny, który będzie zgodny z kulturą techniczną, a więc nie będzie skierowany przeciwko człowiekowi i przyrodzie żywej. Jest to odzwierciedlenie idei H. Heideggera, J. Ellula, W. Franke, M. Bieriajewa, H. Marcuse'a, którzy sądzą, że ludzkość aby przeżyć musi się wyzwolić ze zniewalających ją współczesnych struktur cywilizacji technicznej. Rozwój współczesnej techniki prowadzi bowiem do jednostronnej eksploatacji nieodnawialnych surowców, jest źródłem powstawania systemów totalitarnych, odgradza człowieka od przyrody, powodując utratę osobowości i destrukcję etyki. W odróżnieniu od społeczeństw zachodnich, w Polsce nie dostrzega się w pełni potencjalnych zagrożeń wynikających z postępu technicznego. Nie można jednak lekceważyć opinii społecznej, coraz bardziej krytycznej. Zadaniem nauki powinno być więc modulowanie rozwoju techniki pod kątem kultury technicznej i postępu społecznego.

Drugą sprawą, którą zamierzam poruszyć będzie wybór właściwego modelu rozwoju nauki dla jej prognozowania. Na II Kongresie Nauki Polskiej za podstawę planowania uznano model rozwoju nauki o charakterze krzywej wykładniczej, który był typowy dla lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych.

Nauka w ciągu ostatnich 15 lat rozwijała się według krzywej logistycznej w kierunku intensyfikacji pewnych dziedzin (np. informatyki, biotechnologii), odchodząc od tendencji ekstensywnych. Prognozowanie w nauce jest rzeczą trudną. W tym zakresie zdarzają się pomyłki. Najpewniejszą drogą do ich uniknięcia jest przewidywanie przyszłości nie na podstawie aktualnego obrazu, lecz w oparciu o nowe tendencje rozwoju nauki. Na tej podstawie należy sądzić, że w drugiej połowie lat osiemdziesiątych nastąpi kolejna zmiana modelu nauki będąca próbą rozwiązania sprzeczności między społecznymi oczekiwaniami dotyczącymi nauki, a jej dotychczasowym kierunkiem rozwoju. Można się spodziewać, że wówczas zmieni się pojęcie wartości nauki. W odpowiedzi na zasadnicze pytanie, do czego ma prowadzić nauka: do zwiększenia mądrości życiowej człowieka, czy też do zwiększenia sprawności jego działania, społeczeństwa prawdopodobnie wypowiedzą się za pierwszym celem i ukierunkowaniem nauki.

Jakie wnioski z tych ogólnych rozważań można wysunąć dla prognozo-

wania i planowania nauki w Polsce? Przede wszystkim należy położyć większy niż dotychczas nacisk na szybkie postępy w dziedzinach i kierunkach związanych bezpośrednio z człowiekiem i biosferą. Należy przy tym wyraźnie podkreślić, że chodzi tu o stworzenie systemu problemów humanistycznych, biologicznych, medycznych i rolniczych wspierających się wzajemnie, a nawet komplementarnych. Ważne poznawczo problemy powinny być z zasady nastawione na znacznie dłuższą perspektywę czasową niż 5-letnia. Technologia planowania naukowego zasadniczo różni się od planowania gospodarczego. Oznacza to również, że jednostkowe zadania aplikacyjne mogą mieć terminy krótkotrwałe, np. 2-3 letnie. Najważniejsze jednak znaczenie w zakresie sterowania nauką będzie miało odejście od ilościowych parametrów oceny postępów i zastąpienie ich parametrami jakościowymi. Nie liczba publikacji ogłoszonych i złożonych do druku w etapie sprawozdawczym winna świadczyć o wykonaniu zadań, ale ich poziom, rodzaj czasopisma i odbiór przez światową i krajową społeczność uczonych. Możemy co roku zwiększać liczbę doktoratów i habilitacji lecz jeśli temu procesowi nie będzie towarzyszył wzrost wymagań merytorycznych, poziom nauki będzie tylko się obniżał, a nie podwyższał. Powinniśmy zakończyć groźną tendencję proliferacji uczelni i ośrodków naukowych, które latami nie dorobiły się ani własnej kadry, ani lokali, ani wyposażenia. Działalność naukowa w tych instytucjach jest najczęściej znikomą, a przyczynia się znacznie do „statystycznego obrazu wielkości” nauki w Polsce.

Trzecia i ostatnia sprawa to poszukiwanie czynników zwiększających efektywność pracy badawczej. Nauka w Polsce ma ogromne trudności materialne, szczególnie dokuczliwe w związku z narastającym spadkiem prenumeraty czasopism naukowych i brakiem nowoczesnego wyposażenia. Te ograniczenia trzeba koniecznie przezwyciężyć, ale uważam, że podstawowym warunkiem rozwoju nauki i techniki w kraju będzie przede wszystkim zwiększenie aktywności badawczej. Jest faktem, a dotyczy to praktycznie każdego z nas, że efektywność pracy w kraju jest wielokrotnie niższa od efektywności za granicą. Wszyscy też wiemy, że nie jest to tylko kwestia wyposażenia technicznego czy organizacji pracy. Tutaj, podczas Kongresu, powinniśmy jasno i otwarcie powiedzieć, że przez lata kształtowała się w naszym kraju tendencja antypromocyjna w stosunku do dobrej pracy. Ustała właściwa selekcja do zawodu pracownika nauki, rezygnowaliśmy z wymagań w imię spokoju. Egalitaryzm, spreczny z samym charakterem nauki, właśnie w nauce polskiej osiągnął największe tryumfy. Wielokrotnie pod złudnymi hasłami „prac zespołowych” lub przeciwstawiania się „dublowaniu badań” pozbawiliśmy się samoczynnych mechanizmów doskonalenia się nauki. W rzeczywistości każde znaczące osiągnięcie naukowe, jak uczy historia, jest osiągnięciem indywidualnym, a konkurencja i selekcja to najsilniejszy mechanizm postępu.

Konsekwencją braku obiektywnej selekcji jest obniżenie etyki zawodowej pracowników naukowych. Nie jest to oczywiście zjawisko typowe dla środowiska akademickiego, ale dla wszystkich zawodów. Środowisko pracowników nauki należało do tych nielicznych, które opierały się tej groźnej tendencji.

Niestety opór staje się słabszy, a wyrwy w systemie etycznym coraz wyraźniejsze. Jednym z jego przejawów jest brak pełnego zaangażowania w pracy będący w dużym stopniu następstwem wspomnianego uprzednio egalitaryzmu. Na tym tle utrwała się przekonanie, że wszelkie wymagania poprawy jakości pracy są zamachem na prawa jednostki.

Jeśli mamy zwiększyć efektywność badawczą, musimy rozwiązać problem: w jaki sposób zrezygnować z nieprzydatnych w nauce, a wynagrodzić — nie tylko finansowo — wyróżniających się pracowników nauki. Droga ku temu nie prowadzi przez okresowe kontrole administracyjne, tym bardziej, że w samym środowisku narastają tendencje antypromocyjne dławiące inicjatywę przede wszystkim młodych naukowców. Ci sami, którzy przed laty uzyskali habilitację i zostali docentami mając lat trzydzieści lub niewiele więcej, dziś uważają za normalne przesunięcie granicy w górę o lat 10 czy 15. Na skutek tego kolejne stopnie awansu naukowego wydłużają się aż do emerytury. Uważam, że III Kongres Nauki powinien w swych uchwałach jednoznacznie określić czynniki, które umożliwią wyzwolenie inicjatyw indywidualnych, gdyż tylko one są głównym motorem rozwoju nauki i postępu technicznego.

BEZPIECZEŃSTWO EKOLOGICZNE ŚWIATA, A UTRZYMANIE POKOJU*

Pojęcie bezpieczeństwa ekologicznego świata zostało sformułowane stosunkowo niedawno. Wchodzi ono obecnie do słownika stosunków międzynarodowych. Sądzę, że zastąpi ono z czasem powszechnie obecnie używane pojęcie ochrony środowiska przyrodniczego, lub naturalnego, jako dwuznaczne i niezbyt ostre. Istotnie — czyż mówiąc o ochronie środowiska naszej planety lub poszczególnych krajów myślimy o utrzymaniu obecnego, powszechnie uznawanego za niekorzystny, stanu rzeczy? Czy chodzi o ograniczenie naszych zainteresowań jedynie do resztek środowiska przyrodniczego zachowanych w naturalnym (względnie!) stanie, a więc wyłącznie o parki narodowe, rezerваты, dziewicze lasy itp.

Ogólnie biorąc jako bezpieczeństwo ekologiczne świata rozumie się kształtowanie takich stosunków przyrodniczych i społecznych w obrębie biosfery naszej planety, które zapewniłyby jej wewnętrzną równowagę w sposób gwarantujący zarazem właściwe możliwości życiowe całej ludzkości i jej dalszy bezpieczny rozwój. Używając określenia bezpieczeństwo ekologiczne zwracamy uwagę na:

- przewyższanie ogólnego kryzysu ekologicznego ciężącego nad światem;
- prawo człowieka do życia w niskążonym, bezpiecznym dlań środowisku zgodnie z jego wymaganiami fizycznymi i duchowymi, zagwarantowanie dobrej jakości życia;
- człowieka właśnie, jako centralną postać wszystkich naszych poczynań zmierzających do poprawy stosunków panujących w otaczającym go środowisku;
- celowość stosowania polityki ekorozwoju, godzącej postęp cywilizacyjny z wymaganiami ekologii.

W ostatnich dziesięcioleciach dostrzeżono wyraźnie, że zasoby naturalne naszej planety — zwłaszcza tzw. zasoby nieodnawialne (węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny) wyczerpują się bardzo szybko w wyniku ich rabunkowej eksploatacji przez człowieka. Zarysowuje się wyraźnie, niezbyt już odległa w czasie, perspektywa ogólnego kryzysu energetycznego świata w przypadku, jeśli nie zostaną wynalezione i zastosowane nowe, niekonwencjonalne źródła energii i to w warunkach eksplozji demograficznej, obserwowanej zwłaszcza w ostatnich czasach.

* Na podstawie wystąpienia na Kongresie Intelktualistów „W obronie pokojowej przyszłości świata” (Warszawa, 16-19 I 1986 r.).

Zanieczyszczenia atmosfery, wód lądowych, mórz i oceanów, degradacja gleb, zamieranie i zagłada lasów na rozległych obszarach Ziemi, erozja gleb, pustynnienie wielkich obszarów lądu, szybkie wymieranie wielu gatunków zwierząt i roślin oraz inne niekorzystne dla stanu biosfery i żyjącej w niej, uzależnionej przecież od jej stanu ludzkości — oto groźne i niezwykle dynamicznie rozwijające się, coraz lepiej poznawane zjawiska świata współczesnego. Ich antropogeniczny charakter, ich powstawanie i nasilenie w wyniku rozwoju przemysłu, transportu i komunikacji, bezplanowej urbanizacji obserwowanej w skali światowej, a zwłaszcza w krajach tzw. Trzeciego Świata, nie ulega najmniejszej wątpliwości. Zakłócony zostaje w coraz większym stopniu w skali lokalnej, regionalnej, a coraz częściej także globalnej przyrodniczy tok normalnego krążenia pierwiastków w biosferze, któremu przeciwstawia się coraz silniej obieg o kierunku przeciwnym, rosnący szybko i stale nasilany, głównie wskutek działania czynników antropogenicznych. Nawet gospodarka rolna — wskutek coraz silniejszego uprzemysłowienia i chemizacji procesów produkcji żywności — staje się także jednym ze źródeł zagrożenia środowiska życia człowieka. Jest obecnie jasne, że trudnych problemów ochrony środowiska życia współczesnego człowieka nie można rozwiązywać bez udziału nauki. Chyba bezspornie panuje już wszędzie przekonanie, że pozytywne rozwiązywanie spraw bezpieczeństwa ekologicznego, przezwyciężanie narastającego kryzysu ekologicznego, zależy od praktycznego stosowania istniejących już i przyszłych zdobyczy nauki.

Czuwanie nauki nad całokształtem problemu bezpieczeństwa ekologicznego świata będzie stale i zawsze potrzebne. Nigdy prawdopodobnie nie nastąpi taki moment, kiedy nauka, nawet najbardziej kompleksowo realizowana, znajdzie recepty na likwidację wszystkich zagrożeń ekologicznych świata, raz na zawsze i w sposób ostateczny.

Zmieniać się bowiem będą w czasie zarówno stosunki demograficzne, jak też metody i technologie produkcji oraz metody i zasięg wykorzystywania zasobów naturalnych naszej planety. Stała obecność nauki w rozwiązywaniu problematyki ochrony biosfery będzie nieodzowną koniecznością, zaś potrzeba stosowania jej zdobyczy i proponowanych rozwiązań — dotąd wciąż stosunkowo słabo i zupełnie niewystarczająco rozumiana — będzie ustawicznie rosła.

Zagwarantowanie bezpieczeństwa ekologicznego świata dzięki wykorzystaniu zdobyczy nauki, dzięki stosowaniu odpowiednich działań politycznych, ekonomicznych i społecznych staje się więc jednym z czołowych problemów współczesności, można je określić jako problem numer dwa obecnie żyjącej i przyszłej ludzkości.

Problemem numer jeden jest jednak niewątpliwie utrzymanie pokoju. Pojęcie pokoju nie jest jednak tak proste i jednoznaczne, żeby można je było sprowadzać jedynie do uniknięcia wojen, do braku działań wojennych. W grę wchodzi także same przygotowania do prowadzenia wojen oraz ich wpływ na ryzyko wybuchu wojny, a także ich skutki ekonomiczne dla świata i środowiska życia ludzkości. Należy również brać pod uwagę zjawisko ukierunkowywania badań naukowych i technicznych na wyszukiwanie coraz to nowych środków bojowych. W ostatnich dziesięcioleciach daje się wyraźnie

zaobserwować, że problemy bezpieczeństwa ekologicznego świata coraz ściślej wiążą się z szeroko rozumianymi sprawami obrony i utrzymania pokoju.

Oczywiście najbardziej jaskrawym przykładem „zrastania się” problematyki ochrony środowiska naszej planety z jednej strony z obroną pokoju z drugiej, jest sprawa możliwości i skutków wybuchu wojny z zastosowaniem broni termojądrowej.

W ostatnich latach zarówno w Europie, jak i na innych kontynentach odbyło się wiele spotkań i obrad przedstawicieli nauki, reprezentujących tak różne działy wiedzy, jak: medycyna, antropologia, socjologia, biologia, chemia, fizyka i inne. Odbyła się m.in. Sesja Papieskiej Akademii Nauk w Watykanie poświęcona skutkom użycia broni nuklearnej dla ludzkości.

Coraz częściej uczeni dochodzą do wniosku, że wojna termojądrowa doprowadziłaby nie tylko do zagłady ludzkości lub znacznej jej części, ale także do likwidacji biosfery naszej planety — środowiska życia ludzkości.

Warto również wspomnieć o sprawie, która nie tylko wskazuje na wspólnotę celów ochrony środowiska i obrony pokoju, ale wręcz odsłania możliwość naruszania pokoju poprzez określone i z góry zamierzone wpływy antropogeniczne na środowisko życia ludzi. Chodzi o tak zwane bronie ekologiczne czy środowiskowe, o możliwość walki z przeciwnikiem poprzez niszczenie środowiska naturalnego kraju nieprzyjacielskiego.

W związku z tymi metodami walki zbrojnej — obok pojęcia genocydu, które powstanie swe zawdzięcza ludobójczej polityce faszyzmu hitlerowskiego — pojawiło się nowe pojęcie ekocydu, czyli zabijania przyrody, będącego środkiem niszczenia człowieka.

Z inicjatywy ZSRR, a następnie USA, projekt zakazu stosowania broni ekologicznej został przedyskutowany i uchwalony na zimowej sesji Organizacji Narodów Zjednoczonych w 1976 roku. Byłoby interesujące prześledzenie dalszych losów konwencji opracowanej już prawie 10 lat temu.

Nie może być dla nas obojętna także sprawa kosztów produkcji coraz to nowych broni oraz gromadzenia olbrzymich jej zasobów. Z punktu widzenia bezpieczeństwa ekologicznego, sprawa ta ma co najmniej dwa aspekty. Z jednej strony chodzi o ogromne i stale rosnące zużycie surowców oraz energii związanej z produkcją różnych rodzajów broni, ze szkodą dla naturalnych zasobów naszej planety. Z drugiej zaś strony — o przeznaczanie na cele przygotowań wojennych ogromnych i wciąż rosnących środków finansowych. Tylko część tych środków, gdyby została przeznaczona na praktyczne zastosowanie znanych już i ogólnie dostępnych, lecz kosztownych sposobów ochrony środowiska, na wprowadzenie i upowszechnienie nowych, tzw. czystych technologii produkcji przemysłowej, mogłaby w sposób znaczący przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa ekologicznego na naszej planecie. Wciąż rosnące i obecnie już gigantyczne środki materialne i zasoby naturalne przeznaczane na świat na zbrojenia mają oczywiście ujemny wpływ na bezpieczeństwo ekologiczne już obecnie, w okresie pokoju. Pomiędzy zbrojeniami i ochroną środowiska zachodzi więc swoiste negatywne sprzężenie zwrotne. Należy zdawać sobie sprawę także z tego, że samo przygotowanie do wojny, a więc zbrojenia, a także wojny „lokalne” prowadzone obecnie

na świecie nawet bez użycia broni termojądrowej lub broni ekologicznych, wywierają znaczny i niekorzystny wpływ na stan ekosystemów i całej biosfery.

Raport UNEP z 1980 roku charakteryzuje m.in. ogólny stan bezpieczeństwa ekologicznego świata. W związku z tym, że podstawowe dane podane w raporcie są nadal aktualne (można przypuszczać, że zaszło od tego czasu zmiany mają nadal charakter niekorzystny dla środowiska), warto je wykorzystywać w toku dyskusji nad bezpieczeństwem ekologicznym świata.

Jak wiemy, świat współczesny nie jest wolny od lokalnych wojen. Istnieją na świecie liczne ogniska wojen prowadzonych wprawdzie tzw. środkami konwencjonalnymi, ale destrukcyjnie wpływającymi na środowisko.

Czasopismo „Ambio” wydawane przez Szwedzką Królewską Akademię Nauk i mające poważny zasięg międzynarodowy, poświęciło cały numer (nr 5-6, 1975) sprawie wojny jako czynnika niszczącego przyrodę. Warto zwrócić uwagę na wciąż jeszcze aktualne dane i fakty przytaczane przez niektórych autorów piszących w tym czasopiśmie.

Zarówno troska o bezpieczeństwo ekologiczne świata, jak i walka o zachowanie i utrzymanie pokoju wymagają szerokiego współdziałania międzynarodowego, chodzi bowiem najczęściej o sprawy globalne. To także zbliża do siebie oba podstawowe problemy współczesności. W ostatnich dziesięcioleciach współpraca taka została rzeczywiście nawiązana. Na Konferencji Bezpieczeństwa i Współpracy w Europie (Helsinki, 1975) wiele miejsca i uwagi poświęcono sprawie ochrony środowiska życia człowieka. Końcowy dokument Konferencji Bezpieczeństwa i Współpracy w Europie, podpisany także przez przywódców Stanów Zjednoczonych i Kanady, zawiera obszerny rozdział pt. „Środowisko naturalne człowieka”. Warto odwoływać się do treści tego wciąż aktualnego dokumentu. Choć nakreślony tam program osiągnięcia „bezpieczeństwa ekologicznego” w dobie obecnej jest tylko częściowo i to z oporami i opóźnieniami realizowany, pozostaje on niewątpliwie ważną wytyczną na przyszłość, częścią składową programu ogólnego bezpieczeństwa ekologicznego Europy i świata. Z dokumentu tego wyraźnie wynika organiczny związek spraw bezpieczeństwa „ogólnego”, politycznego oraz „bezpieczeństwa ekologicznego”. Wynika z niego także, że powstała nowa płaszczyzna polityki międzynarodowej, wyznaczona przez nieodzowną potrzebę współpracy państw w dziedzinie „polityki środowiskowej”. Odchodzenie od ogólnej polityki odprężenia odbija się niekorzystnie i z wielką szkodą na ludzkości, na możliwości skutecznej realizacji międzynarodowej polityki środowiskowej, przeciwdziałając skutecznie zapewnieniu bezpieczeństwa ekologicznego.

Podobnie, warto wracać w dyskusjach do treści innych dokumentów (jak np. Deklaracja Wiedeńska z 1985 r.). Nie można też zapominać o roli działań organizacji regionalnych, np. EWG i RWPG na rzecz ochrony środowiska.

W związku z różnymi działaniami na rzecz ochrony środowiska na świecie powstało obecnie nowe pojęcie tzw. dyplomacji środowiskowej (Environmental Diplomacy). Zakres zainteresowania tej nowej dziedziny działalności międzynarodowej, mającej na celu „umiędzynarodowienie” spraw ochrony środowiska,

charakteryzuje program międzynarodowego seminarium na ten temat (Irlandia, 1985).

Podobnie jak w sprawie utrzymania pokoju, także w odniesieniu do ochrony środowiska ogromną rolę odgrywa stan świadomości ludzi. Wynika stąd znaczenie licznych, podejmowanych obecnie na świecie akcji na rzecz tzw. edukacji środowiskowej.

Nie ulega wątpliwości, że obydwa problemy, obydwie tendencje mają charakter globalny, odnoszą się bowiem do wszystkich narodów i kultur współczesnego świata. Znajdując naukowe podstawy w szerokim kręgu nauk społecznych, przyrodniczych i technicznych, mają one charakter kompleksowy, a ich rozwiązywanie opierać się musi na wnioskach i syntezach multidyscyplinarnych. W toku ich rozpatrywania i przekazywania — zwłaszcza młodzieży — nie mogą być pominięte momenty etyczne, emocjonalne, a nawet estetyczne. Zważmy, że utrzymanie pokoju światowego to nie tylko problem polityczny, ale także sprawa ogólnoludzkiej moralności. Ochrona krajobrazu, tak obecnie propagowana przez zwolenników ochrony środowiska, związana jest ze sprawami uczuciowymi w stosunku do przyrody, z patriotyzmem ludzi i narodów. Wszystko to przemawia za tym, że praktyczna realizacja założeń ochrony środowiska i obrony pokoju w oświacie szkolnej i pozaszkolnej może mieć charakter integrujący programy nauczania i wychowania, i to na wszystkich poziomach, a także we wszystkich środowiskach.

CZY POTRZEBNE JEST NOWE SPOJRZENIE NA EWOLUCJĘ?

Od paru lat w poważnych czasopismach naukowych ukazują się artykuły, których autorzy stawiają różne zarzuty poglądom na ewolucję zawartym w większości podręczników. Zespół tych twierdzeń, nazywany niekiedy neodarwinizmem, a częściej syntetyczną teorią ewolucji skryształizował się przed około czterdziestu-trzydziestu laty, w czym zasadniczą rolę odegrali tacy uczeni, jak: S. S. Czetwerikow, T. Dobzhansky, N. W. Timofiejew-Resowski, J. Huxley, R. Fisher, G. G. Simpson, S. Wright, E. Mayr i inni [17]. Sądzę, że opozycja ta jest nieuzasadniona, a wynika głównie z chęci sprzeciwu, jaki często prowokują dobrze ugruntowane teorie naukowe. Pokolenie publikujących obecnie najobficiej badaczy składa się z osób liczących od 25 do 40 lat. Jako słuchacze uniwersytetów zapoznali się oni z rozmaitymi wersjami syntetycznej teorii ewolucji, głoszonymi *ex cathedra*, zaś gdy sami rozpoczęli badania natrafili na fakty, które niezupełnie odpowiadały ich oczekiwaniom sformułowanym na podstawie teoretycznych rozważań. Pojawiły się więc motywy do wprowadzenia poprawek do teorii.

Można to również wyjaśniać chęcią zwrócenia na siebie uwagi, którą uzasadnia Felsenstein [2] w następujących słowach: „Wydaje się, że w biologii ewolucyjnej ceni się ostatnio znacznie bardziej hałas wzbudzony dokoła czyichś poglądów od ich aprobaty przez fachowych kolegów. Dzięki temu rodzi się nacisk na podkreślanie własnej oryginalności, a pomijanie związków głoszonych też z ogólnie przyjętymi poglądami. Wywołuje to hałas informacyjny, grożący zagłuszeniem wartościowych osiągnięć”.

Przypomnijmy w skrócie najważniejsze zarzuty stawiane obecnej syntezie. Przede wszystkim twierdzono, że teoria doboru naturalnego nie jest niczym więcej jak tautologią, czyli zbytecznym powtórzeniem oczywistości. Jak bowiem brzmi jej główne twierdzenie? „Dobór naturalny faworyzuje te organizmy, które mają mniejszą śmiertelność i pozostawiają więcej potomstwa”. Innymi słowy: te organizmy przeżywają, które są zdolne do przeżycia.

Następnym zarzutem była rzekoma nieobalalność współczesnych poglądów ewolucyjnych. Weźmy pod uwagę następujący przykład. Łabędzie mają duże skrzydła i nigdy nie nurkują. Wśród kaczek są gatunki o skrzydłach mniejszych, umiejące nurkować. Jeszcze sprawniej pływają pod wodą nury, mające bardzo małe skrzydła. Skrzydła mniejsze od nurów mają pingwiny, nigdy nie latające. Są wreszcie wśród ptaków wodnych gatunki pozbawione skrzydeł. Ewolucjoniści wszystkie te fakty tłumaczą przystosowaniem organizmów do środowiska. Lewontin [7] doszedł więc do wniosku, że rozumując

podobnie można tłumaczyć wszystko. Jednak teoria, która zawsze wszystko wyjaśni, której żaden fakt nie może obalić nie ma wartości naukowej. Najważniejszą cechą teorii naukowych jest, zdaniem Poppera, właśnie ich obalalność — możliwość zaprzeczenia, czy to wskutek dostrzeżenia niezgodnych z teorią faktów, czy przez wykazanie błędów w rozumowaniach.

Z kolei paleontolodzy raz jeszcze zwrócili uwagę, że w materiałach kopalnych natrafia się z reguły na nieciągłości. Osady o dużej miąższości, gromadzone w sposób nieprzerwany przez długie okresy, są rzadkie, a spotykane w nich szczątki wydają się pozostawać bez zmian. Jeśli zaś uda się odszukać w innym miejscu faunę podobną, lub nieco młodszą, czy starszą, wówczas pewne gatunki będą nieobecne, zaś ich miejsce zajmą formy dość wyraźnie odmienne. Możliwość zaobserwowania, jak stopniowo jedna forma kopalna zmieniała się w przeszłości na inną jest w istocie nieosiągalna. Tymczasem współczesne poglądy na ewolucję postulują stopniowe przemiany gatunków.

Wiele aktualnych artykułów i książek, powtarzających podobne rozumowanie, nie zasługuje na poważniejszą dysputę. Może warto jednak, jako przykład, omówić tom wydany pod redakcją Pollarda [9]. Pierwszy artykuł tomu [11] zawiera bardzo dobre zestawienie argumentów obalających większość przytoczonych rozumowań. Autorzy piszą, że zarzuty tautologii, błędów logicznych, względnie nieobalalności teorii oparte są najczęściej na specjalnie ułożonych, rzekomych wypowiedziach ewolucjonizmu, celowo zwulgaryzowanych. Zdarza się, co prawda, że są przytaczane wierne cytaty z wypowiedzi ewolucjonistów, istotnie grzeszące brakiem precyzji, które można wykorzystać do imputowania ewolucjonizmowi błędów. Często są to tylko wyniki wieloznaczności terminów biologicznych, której bardzo trudno uniknąć.

Zdaniem Riddiforda i Penny [11] można podstawowe twierdzenia ewolucjonizmu sformułować w sposób ścisły następująco: 1) Organizmy są z sobą spokrewnione, czyli mają wspólnych przodków i zmieniają się w dziejach Ziemi. 2) Frekwencja alleli w pulach genowych populacji zmienia się w czasie, na co wywiera wpływ stan otaczającego populację środowiska. 3) Zmiany we frekwencjach alleli wystarczają do wytłumaczenia historycznych przekształceń organizmów. Twierdzenie 2 możnaby też ująć w sposób odmienny: niektóre allele zwiększają, inne zaś zmniejszają prawdopodobieństwo pozostawienia przez nosiciela potomstwa. Są to twierdzenia podstawowe, obalalne, lecz nie obalone.

Nie jest też bynajmniej prawdą, że współczesny ewolucjonizm może wytłumaczyć dowolną obserwację. Oto przykłady hipotetycznych obserwacji sprzecznych z oczekiwaniami ewolucjonizmu. 1) Liczba kręgów kręgosłupa jest zawsze liczbą pierwszą. 2) Układ płam na grzbiecie pewnego zwierzęcia jest zgodny z mapą określonej okolicy, np. grupy wysp. 3) Za pomocą pewnych przepisów można doprowadzić po pojawienia się organizmów w środowisku dokładnie wyjałowionym. Gdyby ktoś dokonał stwierdzenia takich faktów, współczesny ewolucjonizm znalazłby się w istotnym kłopotcie.

Tak się jednak nie stało. Przeciwnie, niezliczona liczba obserwacji zgadza się z przewidywaniami ewolucjonistów. Systemy klasyfikacyjne oparte na zbadaniu ograniczonej liczby cech, np. tylko na budowie szkieletów, okazują

się najczęściej zgodne z później tworzonymi systemami opartymi na późniejszym zbadaniu innych układów, np. nerwowego, lub rozrodczego. Wprawdzie podobna zgodność nie zawsze jest zupełna i zbadanie wielu rozmaitych układów zmusza niekiedy do wprowadzania poprawek, jeśli się jednak uwzględni, że twórca każdego systemu musi dokonać niezliczonej liczby przypuszczeń, trzeba podziwiać zgodność większości przewidywań. Najświecześniejszym potwierdzeniem słuszności toku rozumowań ewolucjonistów jest generalna zgodność wniosków o pokrewieństwach organizmów, opartych na współczesnych badaniach budowy białek i łańcuchów DNA, z dawniejszymi poglądami, opartymi o wiadomości anatomiczne.

Warto też podkreślić, że Popper formułując zarzut nienaukowości w stosunku do teorii ewolucji podkreślał, że jego zdaniem teoria ewolucji jest zgodna z rzeczywistością, a tylko nie odpowiada sformułowanej przez niego definicji „naukowości”. Filozof ten zmienił jednak później swą definicję i zdecydowanie odwołał poprzednie stwierdzenia [10].

Nie można także twierdzić, że obserwacje paleontologiczne są sprzeczne ze stopniową przemianą organizmów przewidywaną przez ewolucjonizm. Nie sposób powtórzyć tutaj całej argumentacji polegającej na wykazaniu jak rzadko występują okoliczności sprzyjające utrwalaniu się szczątków organizmów. Obszerną dyskusję tego zagadnienia zamieścił już Darwin w „Powstawaniu gatunków”, a później ją wielokrotnie rozszerzano. Należy więc oczekiwać, że dokumentacja paleontologiczna pozostanie zawsze niekompletna. Ponadto pojęcie raptownej zmiany ewolucyjnej jest nader nieprecyzyjne. Hodowca, lub genetyk eksperymentalny dostrzega niekiedy daleko idące zmiany w budowie organizmów oddzielonych niewielką liczbą pokoleń, natomiast paleontolog obserwuje zmiany dokonujące się w przeciągu setek tysięcy, lub milionów lat. Wielka różnorodność w szybkości procesów ewolucyjnych jest też znana od dawna. Stanowi ona główny wniosek powszechnie znanej książki Simpsona [15], wchodzącej w skład klasycznych pozycji syntetycznej teorii ewolucji. Wielu współczesnych badaczy zgadza się, że rozbieżności w tempie zmian są koniecznym skutkiem sprzężeń zwrotnych między różnymi działaniami doboru naturalnego, które mogą procesy ewolucyjne przyspieszać, lub opóźniać, zależnie od tego, czy sprzężenia są dodatnie, czy ujemne [16].

Można się więc dziwić, że w omawianym wydawnictwie wydrukowano artykuł Rosena [13], który gołosłownie zarzucając ewolucjonizmowi błędy logiczne formułuje następujący wniosek: „z tym wszystkim nie ma potrzeby walki z widmem neodarwinizmu, gdyż nie będzie ono dłużej straszyć wśród teorii ewolucyjnych”. Podobne wypowiedzi usprawiedliwiają stanowisko Ghiseline [3], który recenzując omawiany tom pisze, że brak w nim jakichkolwiek wartościowych myśli. Zdaniem tego ostatniego autora czytelnik zamieszczonych w nim prac dochodzi do wniosku, że „serce zwłok morfologii idealistycznej trzeba wreszcie przebić kółkiem”, gdyż ten wstający z grobu wilkołak hamuje postęp nauk biologicznych. Pomimo wszystko nie podpisuje się bez zastrzeżeń pod wypowiedzią Ghiseline. Niektóre myśli zawarte w omawianym tomie są godne uwagi.

Tak np. Goodwin [4] zwraca uwagę, że Darwin przeceniał zarówno

rolę doboru naturalnego, jak i znaczenie pokrewieństwa organizmów. W „Pochodzeniu gatunków” napisał, że „pokrewieństwo jest jedyną znaną przyczyną podobieństw różnych organizmów”. Twierdzenie to idzie oczywiście zbyt daleko. Nie ulega wątpliwości, że podobieństwa organizmów mogą być również wywołane ewolucją zbieżną, czyli konwergencją, a więc zostać wymuszone przez podobne okoliczności. Zapewne jednak Darwin zdawał sobie z tego sprawę, zaś cytowane zdanie stało się nadmiernie stanowcze tylko przez niedopatrznie. Darwin nie doceniał również ograniczeń procesów ewolucyjnych. W niezależnie wydanej książce [5] Goodwin wykazuje, że przebieg ewolucji nie jest dowolny, a dobór naturalny nie jest bynajmniej wszechmocny. Z pewnych ograniczeń zdawano sobie sprawę od dawna. Tak np. nie budziły wątpliwości ograniczenia wynikające z praw geometrii i fizyki, a więc np. rozmaite konieczności zmian w proporcjach ciała kręgowców wywoływane zmniejszaniem lub zwiększaniem rozmiarów, na które zwrócił uwagę już Galileusz. Jest jednak prawdą, że klasycy ewolucjonizmu niedoceniali wielostronności ograniczeń procesów ewolucyjnych. Obecnie liczba dostrzeganych ograniczeń szybko się powiększa, chociaż nieraz jeszcze daleko do ich zrozumienia.

Można przypomnieć, że wśród czworonogów wielokrotnie wydarzyła się utrata jednej, lub obu par kończyn. Natomiast ani razu nie wystąpiło pojawienie się trzeciej pary kończyn. Można więc twierdzić, że utrata pewnych mechanizmów rozwojowych jest łatwa, a ich pomnożenie jest bardzo trudne. Często rekapitulację historii szczepu w rozwoju ontogenetycznym można by uznać za argument wskazujący, że zmiany powodujące wzrost prawdopodobieństwa przekazania genów następnym pokoleniom są częstsze, a za tym zapewne łatwiejsze w realizacji, w końcowych stadiach rozwoju zarodkowego od zmian modyfikujących początkowe stadia ontogenezy, chociaż i takie się wydarzają, przynosząc korzyści o czym świadczy np. pojawienie się trofoblastu ssaków, lub poliembrionii i trofamnionu w rozwoju błonkówek z rodziny *Chalcididae* [14]. Na przebieg ewolucji wywierają istotny wpływ również cechy mechanizmów ontogenetycznych, które sprawiają, że pewne zmiany są bardziej prawdopodobne od innych. Na przykład wytworzenie się i ewolucja kopyt były możliwe dlatego, że ten sam zestaw genów steruje rozwojem kopyt na wszystkich czterech kończynach zwierzęcia kopytnego. Gdyby każda z kończyn rozwijała się w ontogenezie w sposób zupełnie niezależny od pozostałych, ewolucja oparta na równoczesnym gromadzeniu identycznych modyfikacji genomu we wszystkich czterech ontogenezach byłaby zupełnie nieprawdopodobna. Podobnie jednolity zapis dziedziczny pozwolił na ewolucję łusek pokrywających ciało gadów, lub liści roślin. Zwrócenie uwagi na podobne zależności jest zasługą Riedla [12], który na ich podstawie oparł swą teorię hierarchii genów. Zapewne ogromny wpływ na łatwość pewnych przemian, a rzadkość innych, ma także sposób zakodowania informacji genetycznej w DNA, a więc obecność intronów i transpozonów, wiemy o tym jednak jeszcze bardzo niewiele.

Poszukiwania ograniczeń, względnie ułatwień, pewnych zjawisk ewolucyjnych mogą niestety prowadzić również na manowce, jeśli pokusa zabłąsni-

cia nowym pomysłem zwycięży zdrowy rozsądek. Przykładem może być artykuł Goodwina i Trainora [6]. Badacze ci mierzyli intensywność barwienia się zawiązków chrząstek we wczesnym rozwoju kończyn rozmaitych kręgowców. Intensywność tę wyrazili w liczbach i na tej podstawie opracowali matematyczny opis pola morfogenetycznego zawiązka kończyny w postaci zestawu równań różniczkowych. Starają się oni przekonać czytelnika, że wniosek Darwina, iż podobieństwo w budowie kończyn dowodzi pochodzenia kręgowców lądowych od wspólnego przodka jest błędny, natomiast wniosek poprawny winien brzmieć, że kończyny rozmaitych kręgowców są podobne dlatego, że są modyfikacjami tego samego modelu matematycznego. Wygłaszanie podobnych twierdzeń wyjaśnia postulat Ghiselina [3] dobicia kołkiem wilkołaka morfologii idealistycznej.

Sądzę, że najciekawsze myśli w omawianej książce zawiera artykuł Brooksa i Wileya [1]. Autorzy ci zwracają uwagę, że z drugiej zasady termodynamiki, przewidującej nieuchronny wzrost chaosu z upływem czasu, wynika, iż każda przekazywana informacja musi ulegać zniekształceniom. Odnosi się to także do informacji genetycznej zapisanej w DNA. Zniekształcenia te tworzą podstawową zmienność, na którą działa dobór naturalny. Ważność tej myśli podkreślił szczególnie O'Grady [8]. Píše on, że pomimo tego, że w zasadzie współcześni ewolucjoniści odżegnują się od teleologii, nader często formułują swe wnioski tak, jak gdyby wierzyli w celowość ewolucji. Przytacza on rozmaite cytaty z publikacji wybitnych badaczy współczesnych, piszących np., że robotnica pszczoły więcej skorzysta opiekując się rodzeństwem, niż gdyby się sama rozradzała, że DNA zawarty w jądrze komórkowym ma tendencję do powiększania się dla własnej korzyści („samolubny DNA”) itp. Zdaniem O'Grady'ego, jedynym sposobem na zerwanie z szerzeniem się teleologicznych sformułowań prowadzących do błędnych wniosków jest wskazanie, że ewolucja jest następstwem zasady telematycznej. Termin „telematic” O'Grady zaczerpnął z publikacji Mayra, który procesami telematycznymi nazwał zjawiska skierowane, zachodzące w przyrodzie nieożywionej. Przykładami zjawisk telematycznych mogą być: rozpad pierwiastków radioaktywnych, spadanie przedmiotów pod wpływem ciężenia, spływanie wody z miejsc wyższych na niższe, niszczenie wyżyn przez erozję itd. Zjawiskiem telematycznym jest także wzrost entropii, powodujący gromadzenie się z upływem czasu odchyłeń w zapisie informacji genetycznej. Jest to najważniejsza przyczyna ewolucji, a dobór naturalny jest tylko jej konsekwencją.

Trudno byłoby przewidzieć, czy istotnie sformułowanie Brooksa i Wileya usunie stosowanie wyrażen teleologicznych w opisach biologicznych. Człowiek postępuje celowo i odczuwa podświadomą potrzebę tłumaczeń teleologicznych, dlatego pozbycie się ich nie będzie łatwe, chociaż na pewno przyczyniłoby się do pogłębienia rozumowań biologów. Z tego względu propozycja Brooksa i Wileya zasługuje na zapamiętanie i popularyzację.

Odpowiedź na pytanie postawione w tytule artykułu brzmiałaby więc następująco: Ewolucjonizm jest nauką żywą, rozwijającą się nieustannie, nie jest skończony, ani zamknięty, tak jak wszystkie pozostałe dyscypliny.

Trzeba go stale rozwijać i doskonalić. Obecne poglądy nie wymagają jednak bynajmniej zmian rewolucyjnych, odrzucania zasadniczych twierdzeń, ani też interwencji ze strony metodologów i filozofów.

LITERATURA

1. Brooks D. R., Wiley E. O. — *Evolution as an entropic phenomenon*. W: [9]: 141-171, 1984.
2. Felsenstein J. — *Recombination and sex: is Maynard Smith necessary?* W: *Evolution — essays in honour of John Maynard Smith*. Cambridge Univ. Press. Cambridge, str. 209-220, 1985.
3. Ghiselin M. T. — Recenzja z [9]. Amer. Sci. 73: 584.
4. Goodwin B. C. — *Changing from an evolutionary paradigm to a generative paradigm*. W: [9]: 99-120, 1984.
5. Goodwin B. C., Holder N., Wylie C. C. (red.) — *Development and evolution*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1983.
6. Goodwin B. C., Trainor L. E. H. — *The ontogeny and phylogeny of the pentadactyl limb*. W: 75-98, 1983.
7. Lewontin R. C. — *The genetic basis of evolutionary change*. Columbia Univ. Press, New York, 1974.
8. O'Grady R. T. — *Evolutionary theory and teleology*. J. Theor. Biol. 107: 563-578, 1984.
9. Pollard J. W. (red.) — *Evolutionary theory: path into the future*. Wiley, Chichester, 1984.
10. Popper K. R. — *Natural selection and the emergence of mind*. Dialectica 32: 339-355, 1978.
11. Riddiford A., Penny D. — *The scientific status of modern evolutionary theory*. W: [9]: 1-38, 1984.
12. Riedl R. — *Order in living organisms. A system analysis of evolution*. Wiley, Chichester, 1978.
13. Rosen D. E. — *Hierarchy and history*. W: [9]: 77-97, 1984.
14. Sander K. — *The evolution of patterning mechanisms: gleanings from insect embryogenesis and spermatogenesis*. W: [5]: 137-159, 1983.
15. Simpson G. G. — *Tempo and mode in evolution*. Columbia Univ. Press, New York, 1944.
16. Szarski H. — *The importance of deviation amplifying circuits for the understanding of the course of evolution*. Acta Biotheor. 20: 158-170, 1971.
17. Szarski H. — *Losy darwinizmu w I połowie XX stulecia*. Kosmos 31: 177-184, 1982.

POWRACAJĄCY DYLEMAT — DZIEDZICZENIE CECH NABYTYCH

W ostatnich latach pojawiło się wiele publikacji podkreślających potrzebę rewizji niektórych założeń neodarwinizmu lub wręcz atakujących tę teorię. Jako przykład pierwszego rodzaju może służyć artykuł Brooksa [1] przedstawiający, jak to określa sam autor, wyzwanie pod adresem neodarwinizmu z nowych, „zapalnych” dziedzin badań ewolucyjnych. Jednym z takich wyzwań, rzuconych darwinizmowi przez genetykę molekularną, są według niego dane świadczące o występowaniu dziedziczenia cech nabytych w procesie ewolucji. Przyjrzyjmy się tym danym. Autor przytacza pracę Steele (1979) donoszącą o włączeniu się DNA rhabdowirusa do DNA plemnika zainfekowanej myszy. Jest to, jak podkreśla, pierwszy eksperymentalny dowód dziedziczenia lamarkowskiego, mimo że kolejne doświadczenia dały niezupełnie jasne wyniki. Innym przypadkiem dziedziczenia cech nabytych, który jego zdaniem został włączony w dogmat neodarwinizmu bez większych oporów, mimo swego niedarwinowskiego mechanizmu, jest seryjna, endosymbiotyczna teoria pochodzenia *Eukaryota* sformułowana przez Lynn Margulis. Tyle Brooks. Dodajmy, wobec tego, jeszcze inne przykłady idące po tej samej linii rozumowania. Od dawna wiadomo, że u organizmów prokariotycznych istnieje poziomy¹ przekaz genów episomalnych, zachodzący drogą transformacji (bezpośredni przekaz), transdukcji (przekaz za pośrednictwem faga) lub koniugacji. Przekaz ten może dokonywać się nie tylko między osobnikami należącymi do tego samego gatunku, lecz również przez bariery gatunkowe a nawet rodzajowe i rodzinowe. Zjawisko to, określane jako dziedziczenie infekcyjne (odgrywa, jak wiadomo, dużą rolę w rozprzestrzenianiu się genów oporności na antybiotyki i sulfonamidy wśród bakterii), zostało również bez większych kontrowersji włączone do neodarwinizmu. Zwrócono jedynie uwagę na to, że w świetle tych faktów biologiczna koncepcja gatunku, jako systemu zamkniętego genetycznie, nie da się dłużej utrzymać dla bakterii [14]. Co więcej, niedawno potwierdzono (Mc Clintock dokonała tego odkrycia pół wieku temu), że w DNA jądrowym występują odcinki przemieszczalne — transpozony, które mogą zostać wycięte z chromosomu i włączone w inne miejsce w tym samym lub innym chromosomie, a za pośrednictwem wirusów mogą być przenoszone między organizmami a nawet gatunkami. Może się

¹ To znaczy od organizmu do organizmu, w odróżnieniu od przekazu pionowego — z pokolenia na pokolenie.

zatem okazać, że taki poziomy przekaz genów jest zjawiskiem stosunkowo częstym u organizmów żywych.

Ostatnio, również z pracowni immunologów, zaczynają napływać doniesienia o doświadczeniach, które zdaniem ich autorów można zinterpretować w duchu lamarkizmu. Jako przykład może służyć eksperyment Gorczyńskiego i Steele (cyt. za Płytycz [11]), w którym wykazano, że tolerancja immunologiczna antygenów transplantacyjnych, wywołana u samców myszy, pojawiła się również u części ich potomstwa z pierwszej i drugiej generacji. Szczegółowe omówienie tego doświadczenia, jak również przegląd hipotez dotyczących interpretacji otrzymanych wyników, przedstawiła niedawno Płytycz [11] na łamach Kosmosu. Według autorki „najbardziej prawdopodobne jest założenie transdukcji informacji genetycznej wprowadzonej ze środowiska zewnętrznego do komórek linii płciowej”.

Nie ulega wątpliwości, że we wszystkich przytoczonych przypadkach chodzi o „cechy nabyte”, które się dziedziczą. Czy oznacza to jednak, że darwinizm musi zrewidować swoje założenia i Lamarck miał rację?

Niżej podjęto próbę wykazania, że ani jeden z przytoczonych przypadków nie jest w istocie dziedziczeniem lamarkowskim oraz że gdyby nawet tak było, nie podważyłoby to w istotny sposób zasad darwinizmu, bowiem teoria ta wcale nie wykluczyła takiej możliwości.

Oryginalna teoria Darwina zakładała, że ewolucja jest procesem dwu etapowym. Na pierwszym etapie powstaje tworzywo tego procesu w postaci drobnych, dziedzicznych różnic o charakterze bezkierunkowym, które występują wśród osobników populacji, na drugim etapie — na tę zmienność działa dobór naturalny, który jako czynnik przystosowawczy wyznacza dopiero kierunek zmian ewolucyjnych. Mimo że Darwin uznał zmienność bezkierunkową za główne tworzywo ewolucji, wyróżnił ponadto kilka innych rodzajów zmienności: a) określoną — gdy wszystkie osobniki podlegając wpływowi jakiegoś czynnika środowiskowego zmieniają się w sposób podobny (np. wpływ pożywienia na kolor sierści, czy klimatu na stan owłosienia); tej zmienności nie przypisywał większego znaczenia; b) skokową — czyli nagłe pojawienie się nowej cechy, np. pączka o nowych właściwościach u roślin (sporty) lub nowej rasy zwierząt (np. owce ankony); tego rodzaju zmiany są jednak według niego na tyle rzadkie, że nie mogą mieć większego znaczenia ewolucyjnego; c) zmienność będącą wynikiem używania i nieużywania narządów, która jego zdaniem odgrywa dość istotną rolę w ewolucji zwierząt, ale nie stosuje się zupełnie do roślin; d) zmienność korelacyjną — świadczącą o tym, że „cały organizm jest tak ściśle zespolony w czasie wzrostu i rozwoju, że skoro wystąpią w jakiegokolwiek części drobne zmiany i zostaną nagromadzone przez dobór naturalny, to zarazem zmieniają się i inne części” (Darwin [2] str. 145) — np. białe koty z niebieskimi oczami są zazwyczaj głuche; ten rodzaj zmienności uznał, obok zmienności bezkierunkowej, za najważniejszy. I wreszcie, aby ten obraz poglądów Darwina na zjawiska zmienności był pełny, trzeba wspomnieć o tym, że zakładał on również, szczególnie w szóstym wydaniu dzieła „O powstawaniu gatunków” (1859), możliwość dziedziczenia właściwości nabywanych w czasie ontogenezy,

oraz że sformułowana przez niego teoria pangenezy pozostawiała miejsce dla bezpośredniego wpływu warunków zewnętrznych na cechy dziedziczne. Wszystkie te rodzaje zmienności były według Darwina dziedziczne: „Dziedziczenie wszelkich cech jest regułą, niedziedziczenie zaś wyjątkiem” (Darwin [2] str. 25). Nie znał jednak ani przyczyn zmienności ani mechanizmów dziedziczenia. Dopiero odkrycia genetyki, powstałej w XX wieku, pozwoliły na wypełnienie tej luki. Ustalono, że materiałem dziedzicznym są kwasy nukleinowe, a u podstawy wszelkich zmian ewolucyjnych leżą drobne zmiany tego materiału (mutacje) powodujące występowanie niewielkich różnic między osobnikami. Mutacje nie mają najczęściej charakteru przystosowawczego i dobrane pasują do nieokreślonej, ciągłej zmienności, uznanej przez Darwina za podstawowy surowiec dla doboru naturalnego. To właśnie dobór naturalny, działając na tę zmienność, jest odpowiedzialny za przystosowawcze różnicowanie się populacji i gatunków.

Ogromne znaczenie dla głębszego zrozumienia procesów powstawania zmienności i dziedziczenia miało wprowadzenie pojęcia dualizmu tandemowego genotyp-fenotyp [7]. Genotyp — to całość wyposażenia genetycznego, jakie osobnik otrzymał od swych rodziców w chwili poczęcia. Fenotyp — to całokształt cech, wynikających ze współoddziaływania genotypu i środowiska w czasie procesu rozwoju osobniczego. Materiał genetyczny, DNA, nie uczestniczy sam w rozwoju zarodka, funkcjonuje tylko jako program. Instrukcje zawarte w tym programie są przekładane za pomocą RNA na polipeptydy i białka — i tylko one biorą bezpośredni udział w rozwoju zarodka. Środowisko może wpływać na proces rozwoju, ale nie może wpływać na program, który go kontroluje. W związku z tym wyłoniło się pojęcie normy reakcji genotypu jako zasięgu fenotypów, które dany genotyp może wytworzyć we wszelkich możliwych dla jego przeżycia warunkach. Te zmiany fenotypu w ramach normy reakcji, czyli modyfikacje, nie są dziedziczne. Wycofują się gdy przestaje działać czynnik, który je wywołał. Dziedziczona jest tylko norma reakcji. Stało się więc jasne, że modyfikacje nie tylko nie są drogą przemian ewolucyjnych — lecz przeciwnie — są skutecznym sposobem zabezpieczenia stabilności gatunku dzięki plastyczności reakcji osobniczych. Zmienność ta zapewnia równowagę procesów fizjologicznych u osobnika oraz harmonię między organizmem a środowiskiem na każdym etapie ontogenezy, innymi słowy umożliwia bezpośrednie przystosowanie się osobnika do środowiska, w którym przebiega jego rozwój. Zmienności modyfikacyjnej nie można jednak odróżnić od zmienności dziedzicznej za pomocą cech pojawiających się przy zmianie warunków środowiska. Rozróżnienie to jest możliwe jedynie w odniesieniu do genotypu [6]. Dzięki ustaleniu tych pojęć można było dokonać oceny roli jaką spełniają w procesie ewolucji pozostałe rodzaje zmienności wyróżnione przez Darwina. I tak zrozumiano, że pod pojęciem zmienności określonej kryły się dwa rodzaje zmienności: dziedziczna, będąca wynikiem przystosowawczego działania doboru na populację oraz zmienność modyfikacyjna, niedziedziczna przystosowująca osobnika. Zdziwiałe, ale Darwin sam dokonał takiego rozróżnienia, bo tak chyba można odczytać następujące jego stwierdzenie: „kiedy zmiana przynosi najdrobniejszą chociażby korzyść jakiejś istocie, to nie jesteśmy w stanie powiedzieć, jaką część

wplywu przypisać nagromadzającemu się działaniu doboru naturalnego, jaką zaś określono działaniu warunków życia” (Darwin [2] str. 136). Stało się również jasne, że zmienność powstała na skutek używania i nieużywania narządów, do której Darwin przywiązywał dość duże znaczenie (za Lamarckiem!) — to także w dużej mierze zmienność w ramach normy reakcji, a więc niedziedziczna. I w tym przypadku Darwin wykazał dużą intuicję, gdyż mówiąc o tym, że używanie wzmacnia mięśnie nieużywanie zaś powoduje ich wiotczenie podkreśla, że: „podobne modyfikacje mają jednak dla nas stosunkowo małą wartość, ponieważ nie wiemy naprawdę, czy mogą się dziedziczyć” (Darwin [3] str. 273). Również gdy przytacza przykłady wpływu żywienia na budowę żołądka u mewy i sowy stwierdza: „nie wiadomo, czy w ciągu pokoleń te modyfikacje organów trawiennych mogłyby stać się dziedziczne” (Darwin [3] str. 277). Jedno z jego dalszych stwierdzeń brzmi natomiast zupełnie jak twierdzenie Lamarcka: „Zmiany w sposobie życia każdego organizmu, zwłaszcza jeżeli żyje on na wolności, prowadzą często do wzmożonego lub osłabionego używania rozmaitych organów, a to z kolei do ich modyfikacji” (Darwin [3] str. 327).

Dziś wiemy w jaki sposób możliwe jest nabycie nowego behawioru przez gatunek. Jedną możliwością jest to, że nowy sposób zachowania ma od początku podstawę genetyczną, bo wiele zmienności behawioralnej jest związanej ze zmiennością genetyczną gatunku, tak że każdy czynnik działający na pulę genową gatunku może wpływać na zachowanie. Inną możliwością jest to, że nowy zwyczaj jest modyfikacją zachowania się zwierzęcia w ramach normy reakcji. Może się on rozprzestrzenić w populacji przez naśladownictwo i uczenie, a to z kolei może spowodować powstanie nowych ciśnień doboru, które stopniowo skierowują zmienność genetyczną (już istniejącą — rekombinacyjną, jak również nowo pojawiające się mutacje) w tym nowym kierunku. W ten sposób mogą zejść dziedziczne zmiany strukturalne narządów wciągniętych w nowy obyczaj. Na przykład, gdy ptak „odkrywa” nowy rodzaj pokarmu lub nowy sposób jego zdobywania mogą powstać odmienne ciśnienia doboru, które zaczną wyselekcjonowywać dotąd „mało istotne” zróżnicowania wewnątrzpopulacyjne, np. w kształcie dzioba, w długości nóg, czy w sile pewnych mięśni umożliwiających nowy sposób poruszania się przy zbieraniu pokarmu. Z czasem może to doprowadzić do przebudowy genetycznej populacji (przesunięcia normy reakcji) w kierunku zgodnym z nowym układem stosunków organizm-środowisko, stworzonym przez nowy obyczaj. Myśl, że dobór naturalny może mieć swój udział w procesach wzmacniania i redukcji struktur, nie była obca Darwinowi. Omawiając bowiem przykłady uwstecznienia narządu wzroku u ssaków ryjących w ziemi stwierdza, że: „taki stan oczu zależy prawdopodobnie od stopniowego zanikania wskutek nieużywania, być może jednak przy współudziale doboru naturalnego” (Darwin [2] str. 139). Zrozumiano dalej, że u podłoża zmienności skokowej (np. sportów) leżą mutacje somatyczne, które mogą się dziedziczyć drogą rozrodu bezpłciowego, natomiast u organizmów rozmnażających się płciowo dziedziczenie tego typu zmiany wymagałoby przekazu genów z komórek somatycznych do komórek linii płciowej, w przeciwnym bowiem razie mutacje

somatyczne zginą wraz z osobnikiem, a więc nie będą się liczyć w ewolucji. Dalszy rozwój genetyki, a zwłaszcza genetyki populacji, stopniowo ukształtował pogląd, że ewolucja nie jest zwykłą zmianą częstości genów, ale zmianą struktur, szlaków rozwojowych, funkcji i populacji. To holistyczne rozumienie procesu ewolucji zapoczątkował właśnie Darwin stałym powtarzaniem zdania o „tajemniczych prawach korelacji”, a rozwinęli je Chetverikow (konceptcją środowiska genetycznego), Lerner (konceptcją homeostazy genetycznej) i Mayr (konceptcją kohezji genotypu). Wprawdzie mechanizmy molekularne, leżące u podstaw tej wewnętrznej kohezji genotypu, są jeszcze słabo poznane, ale jeżeli zostaną potwierdzone będą świetnym rozciągnięciem wiary Darwina w „tajemnicze prawa korelacji” [9].

Widać z tego krótkiego przeglądu, że Darwin zaproponował bardzo szerokie spektrum zmienności dziedzicznej, w którym mieszczą się również cechy nabyte pod bezpośrednim wpływem środowiska (część zmienności określonej, efekt używania i nieużywania narządów oraz możliwość dziedziczenia cech nabytych w czasie ontogenezy). Ważne jest jednak, że nie wyznaczył tym ostatnim rodzajom zmienności głównej roli w procesie ewolucji — jak to uczynił Lamarck. Najważniejsze jest jednak to, że Darwin zaproponował mechanizm odpowiedzialny za powstawanie dziedzicznych przystosowań, który współczesne badania potwierdziły w całej rozciągłości. Mechanizmem tym jest dobór naturalny działający na uwarunkowaną genetycznie zmienność osobniczą.

Lamarck natomiast nie zaproponował żadnego takiego mechanizmu poza ogólnym stwierdzeniem, że gdy zmiana warunków życia sprawia, że organizm rozwija się w innym kierunku, to jego potomstwo też będzie miało tendencję do rozwoju w tym nowym kierunku. U roślin i niższych zwierząt wpływ ten jest bezpośredni: „wszystkiego tego dokonują tu zmiany zachodzące w odżywianiu rośliny, w ilości ciepła, światła, powietrza i wilgotności, które zwykle otrzymuje, wreszcie w przewodzie, którą pewne ruchy życiowe mogą uzyskać nad innymi” [12]. U wyższych zwierząt natomiast nowe środowisko rodzi nowe potrzeby, nowe potrzeby wymagają nowych czynności i obyczajów a te z kolei prowadzą do powstania nowych struktur: „Jeżeli nowe okoliczności, stawszy się stałymi dla jakiejś rasy zwierząt, dały tym zwierzętom nowe przyzwyczajenia, t.j. wywołały w nich nowe czynności, które stały się czynnikami zwykłymi, to wynika stąd częstsze używanie danej części ciała niż innej, a w pewnych przypadkach zupełne nieużywanie danej części ciała, która stała się bezużyteczna” [12]. Danie pierwszeństwa zachowaniu przed strukturą — jest wyjaśnieniem bardzo współczesnym, gdyby nie to, że Lamarck wierzył w zły mechanizm [8]. Nie mówi absolutnie nic na temat jak te modyfikacje fenotypu zostają przekształcone w dziedziczne, mimo że formułuje prawo dotyczące dziedziczenia: „To wszystko, co przyroda kazała osobnikom nabyć lub utracić pod wpływem okoliczności, które działają na ich rasę od długiego czasu, a w związku z tym odpływem dominującego używania jakiegoś narządu lub stałego nieużywania jakiejś części ciała, wszystko to przyroda zachowuje dzięki rozrodowi dla nowych, pochodzących od nich osobników, byleby tylko nabyte zmiany były wspólne obu płciom,

czyli osobnikom, które wydały te nowe osobniki” [12]. Jest to teoria, którą nazwano niezbyt ściśle „dziedziczeniem cech nabytych”. Wydaje się, że wystarczy aby współczesny biolog przyjął dobór naturalny jako czynnik, dzięki któremu „używanie” zostaje przekształcone we wzmocnienie struktury (jak to zostało wykazane wyżej przy interpretacji darwinowskiego efektu używania i nieużywania) — a większość stwierdzeń Lamarcka okaże się całkowicie uzasadniona.

Istnieje zasadnicza różnica w podejściu Darwina i Lamarcka do procesu ewolucji. Jak słusznie zauważa Mayr [8], Lamarck, mimo że stale podkreśla, że występują tylko osobniki, ciągi osobników (podejście nominalistyczne), traktuje te osobniki jako identyczne, a więc typologicznie. Również wszystkie jego stwierdzenia o wpływie środowiska są formułowane w sposób typologiczny. Jeżeli dane środowisko wywołuje specyficzne potrzeby, Lamarck postuluje, że różne organizmy wchodząc do tego środowiska będą odpowiadały taką samą aktywnością i stąd nabędą podobne struktury i przystosowania. Podejście Darwina było diametralnie różne, populacyjne. Nie ma dwóch jednakowych osobników w populacji: „Nikt nie przypuszcza, że wszystkie osobniki jednego gatunku są odlane jak gdyby według jednego wzoru. Te indywidualne różnice mają właśnie dla nas największe znaczenie, gdyż są one często dziedziczne i dostarczają materiału dla doboru naturalnego” (Darwin [2] str. 52). W bezpośrednim oddziaływaniu środowiska na organizm działają, wg Darwina, dwa czynniki: charakter samego organizmu i charakter warunków. „Pierwszy wydaje się nam o wiele ważniejszy dlatego, że odmiany prawie zupełnie podobne powstają niekiedy pod wpływem warunków, o ile sądzić można, różnych, i z drugiej strony, że odmiany niepodobne powstają pod wpływem warunków, jak się zdaje, niemal jednakowych” (Darwin [2], str. 20). Dziś powiedzielibyśmy, że to struktura genetyczna narzuca ograniczenia na kierunek zmian. I jeszcze jedno, choć zabrzmiałoby paradoksalnie, wydaje się, że środowisko zewnętrzne odgrywa większą rolę w teorii darwinowskiej niż u Lamarcka. Teoria Lamarcka była dualistyczna. Główny czynnik ewolucji to wewnętrzna dążność do doskonalenia (ruch fluidów), powodująca stałe wznoszenie się poziomu organizacji istot żywych; wpływ środowiska, jako ten drugi czynnik dający zmiany przystosowawcze, ma tylko znaczenie modyfikujące w ramach danego poziomu organizacji. Zamiast koncepcji kierowania się ku doskonałości Darwin zaproponował — po prostu zmianę. Widział on jasno, że każdy gatunek jest bezustannie nękany przez kaprysy ustawicznie zmieniającego się środowiska. Darwinizm jest też teorią dualistyczną, ale jest to szczególny dualizm: najpierw-potem [7]. Najpierw — powstawanie zmienności, potem — działanie doboru na tę zmienność. Środowisko odgrywa istotną rolę na obu tych etapach. Mutacje, leżące u podstawy zmienności, mogą być, jak wiadomo, indukowane czynnikami środowiska. Środowisko jest też głównym elementem doboru naturalnego. Główna różnica między obu teoriami nie leży zatem w dziedziczeniu czy niedziedziczeniu cech nabytych, ale w tym, że głównym czynnikiem wyznaczającym kierunek ewolucji jest dla Lamarcka wewnętrzna dążność do doskonalenia, dla Darwina zaś — oportunistyczny dobór naturalny.

To krótkie porównanie poglądów Darwina i Lamarcka na tle współczesnej

wiedzy przemawia, jak widać, zdecydowanie na korzyść interpretacji darwinowskiej. Niemniej jednak, ponieważ zarówno Lamarck jak i Darwin przyjmowali, że wszelkie cechy się dziedziczą — jak odróżnić jasno pod tym względem lamarkizm od darwinizmu? Można to zrobić znowu tylko w odniesieniu do współczesnej wiedzy na temat procesów dziedziczenia. Bowiem gdy raz ustalono, że materiałem dziedziczenia jest DNA — to zarówno lamarkizm, jak darwinizm muszą uwzględnić ten fakt [4]. Ustalenie to, jak wykazano wyżej, nie tylko poparło teorię Darwina, ale zrobiło coś więcej. Genetyka molekularna sformułowała tzw. podstawową zasadę, która stwierdza, że informacja może być przekazywana z kwasów nukleinowych do białek, ale nie może płynąć w odwrotnym kierunku. Największą zaletą tej zasady jest według Maynarda Smitha [10] to, że określiła jasno, co lamarkiści musieliby zrobić aby udowodnić słuszność swych założeń — musieliby obalić podstawową zasadę! Innymi słowy, musieliby udowodnić, że zmiana w białku, wywołana bezpośrednim oddziaływaniem czynników środowiska zewnętrznego, może zostać przeniesiona i utrwalona w DNA. Jak dotąd nie ma przekonywających dowodów na to, że taka droga przekazu informacji jest możliwa. Inną możliwością, dla lamarkistów, udowodnienia słuszności swych założeń byłoby wykazanie, że istnieje jakiś dodatkowy mechanizm dziedziczenia niezależny od kwasów nukleinowych. Na to również nie ma dotąd istotnych dowodów. Ewolucyjna nowość może powstać zatem tylko jedną drogą — poprzez zmiany w strukturze cząstek DNA² lub przez błędy w procesie jego replikacji. Zjawiska takie nazwano mutacjami. Wprawdzie mutacje to również zmiany wywołane czynnikami środowiska (promieniowanie, różne czynniki chemiczne), ale nie określają one kierunku ewolucji bo: a) większość mutacji zmniejsza przystosowanie się organizmów, b) mutacje nie przystosowują organizmu do tego czynnika, który je wywołał, na przykład zmiany plemników wywołane działaniem wysokiej temperatury nie zwiększają odporności następnego pokolenia na ten czynnik. Wszystkie zbadane dotychczas czynniki zaburzające dojrzewanie komórek rozrodczych, a przez to zmniejszające skład genetyczny następnego pokolenia, działają w sposób bezkierunkowy [13].

A zatem czas już zdecydować, czy fakty przytoczone na początku artykułu mogą służyć jako dowody na istnienie dziedziczenia lamarkowskiego w procesie ewolucji. Niewątpliwie we wszystkich przytoczonych przypadkach miało miejsce dziedziczenie cech nabytych, ale w każdym przypadku tą „nabywaną cechą” był kwas nukleinowy (DNA) lub to on właśnie zmieniał się pierwszy. A zatem wydaje się, jak słusznie zauważa Fitch [4], że określenie „dziedziczenie cech nabytych” jest bardziej sloganem, który zawiera część ducha idei lamarkowskiej, niż stwierdzeniem zasadniczej odrębności od darwinizmu. Poziomy przekaz materiału genetycznego poprzez bariery gatunkowe czy rodzajowe stwarza, wg. Fitcha, problem dla ustalania związków filogene-

² Można tu zaliczyć również efekty wywołane włączaniem się nowych fragmentów DNA do genomu drogą bezpośredniego przekazu poziomego (transpozony, fragmenty przenoszone przez wirusy).

tycznych między organizmami, ale nie jest problemem dla neodarwinizmu jako teorii ewolucyjnej³. Również obserwacje Gorczyńskiego i Steele (cyt. za Płytycz [11]), jeśli zostaną potwierdzone, powinny okazać się zgodne z zasadami ewolucji darwinowskiej i są nowe tylko pod tym względem, że wydają się wymagać przekazu genów z komórek somatycznych do komórek linii płciowej. (Jak wiadomo bowiem u organizmów rozmnażających się płciowo jedynymi komórkami zapewniającymi ciągłość pokoleń są komórki rozrodcze, a zatem, aby zmiana była dziedziczona musi zostać „wpisana” w DNA tych właśnie komórek). Potwierdzenie istnienia takiej drogi przekazu DNA nie wstrząśnie zasadami dziedziczenia, nie należy zapominać bowiem, że u organizmów rozmnażających się bezpłciowo nie ma szlaku płciowego i komórek płciowych, a jedynym źródłem zmienności genetycznej są mutacje zachodzące w DNA komórek somatycznych, które są tu dziedziczne i stanowią materiał dla doboru naturalnego. U roślin, o ile wiadomo, nie ma w ogóle szlaku płciowego; każda komórka stożka wzrostu pędu może dać początek komórce rozrodczej. A zatem zmiana zaszła w komórce somatycznej, jeżeli tylko dotyczy genów jądrowych lub pozajądrowych, nie jest zmianą lamarckowską! Ten sposób myślenia jest spuścizną poglądu Weismanna o całkowitym rozdziale somy i plazmy zarodkowej, w myśl którego komórki zarodkowe różnią się od komórek somatycznych funkcjonalnie i strukturalnie i pozostają poza zasięgiem wszelkich przypadłości organizmu. Fenotyp nie jest odpowiednikiem weismannowskiej „somy” — jest to wynik złożonych procesów metabolicznych zachodzących w warunkach określonego środowiska zewnętrznego, kierowanych i kontrolowanych przez CAŁOŚĆ wyposażenia genetycznego organizmu. Nie można wprawdzie nadal wykluczać możliwości istnienia mechanizmów dziedziczenia niezależnych od replikacji kwasów nukleinowych, jest jednak mało prawdopodobne aby miały one większe znaczenie w procesie ewolucji. Ogromna większość dziedzicznych różnic u organizmów, które poddawano analizie, wskazuje na to, że są one spowodowane różnicami w genach jądrowych.

Trzeba przyznać jednak, że od czasu do czasu pojawiają się obserwacje, które wydają się dość zagadkowe. Jeden z takich eksperymentów przytacza Futuyma [5]: Durrant (1962) i Hill (1967) hodowali len i tytoń na różnych dawkach nawozu i stwierdzili, że poziom nawozu wpływa na masę (u lnu), wysokość i czas kwitnienia (u tytoniu). Następnie pobierali taką samą liczbę nasion od każdej rośliny, wysiewali je na identycznych dawkach nawozu i hodowali potomne rośliny przez kilka pokoleń. Okazało się, że różnice fenotypowe uzyskane przez rośliny rodzicielskie w pierwszym doświadczeniu utrzymywały się u ich potomków przez co najmniej trzy pokolenia. Można by sądzić, że chodzi tu o tzw. dziedziczenie cytoplazmatyczne (potomstwo dziedziczy bowiem po rodzicach nie tylko DNA chromosomalny, lecz także cytoplazmę, szczególnie po matce). Istotą tego dziedziczenia jest przekaz samoreplikujących się jednostek zawartych w cytoplazmie — jak mitochondria,

³ Jest to również poważny problem dla koncepcji gatunku biologicznego jako systemu zamkniętego genetycznie.

chloroplasty lub wewnątrzkomórkowe, wirusowe DNA. Może też wchodzić w grę tzw. „matczyzny efekt”, zjawisko znane u ssaków, które karmią swoje młode. W tym przypadku zmiany hormonalne — wywołane zróżnicowaną dietą matki — powodują zmiany u potomstwa, które utrzymują się jednak najczęściej tylko przez jedno pokolenie. Autorzy odrzucają jednak obie te możliwości jako ewentualne przyczyny opisanego zjawiska i uważają, że mogła tu zajść zmiana aktywności pewnych genów tak, jak to się dzieje w różnych typach komórek w czasie rozwoju zarodkowego. Gdyby tak było istotnie, to jest zaskakujące, że ta zmiana aktywności genów utrzymała się podczas mejozy [5]. Mimo takich, sporadycznie stwierdzanych, nietypowych przypadków dziedziczenia — kiedy nowość powstała na poziomie fenotypu wyprodukowała genotyp, który zapewnił kontynuację (przynajmniej przez jakiś czas) tego fenotypu — nikt poważnie nie liczy się z tym, aby ten typ dziedziczenia miał większe znaczenie w procesie ewolucji. Rozdział DNA i białek, stwierdzony przez genetykę molekularną, ma bowiem jeszcze inne bardzo ważne konsekwencje dla procesu ewolucji. Sprawia to bowiem, że wiele potencji genotypu danego osobnika nie zostaje w ogóle przełożonych na fenotyp, a więc nie są one wystawione na działanie doboru (dobór ocenia bezpośrednio cechy fenotypowe, a tylko pośrednio leżące u ich podstaw geny). Przykładem mogą być geny recesywne u organizmów diploidalnych i geny supresory w systemie epistatycznym (geny, które tłumią efekty fenotypowe genów z innych loci). Ten potencjał może zostać uruchomiony w następnych pokoleniach dzięki procesom rekombinacji genetycznej. Ta metoda reagowania na zmiany środowiska przewyższa wyraźnie proces bezpośredniego wpływu środowiska na organizm — jak to postulowało wielu lamarkistów. Ilustracją tego może być następujący przykład ułożony przez Mayra [7]. Załóżmy, że poddajemy linię eksperymentalną, przystosowaną do niskich temperatur, działaniu stopniowo rosnących temperatur przez kilka pokoleń, a następnie nagle poddamy ją działaniu niskiej temperatury. Gdyby wszystkie osobniki tej linii, w sposób ujednolicony, zostały przystosowane do wyższych temperatur w czasie trwania eksperymentu, to z pewnością zimny szok spowodowałby ich całkowitą zagładę. Natomiast jeżeli fenotyp nie jest bezpośrednim produktem środowiska, to rekombinacja genetyczna może w każdym pokoleniu rozwinąć w populacji cały szereg nowych norm reakcji, z których przynajmniej niektóre będą preadaptowane do silnie odchylających się warunków środowiska — wtedy populacja przeżyje.

Gdy raz zrozumiano, że system genetyczny sam jest produktem ewolucji, nabrały sensu jego szczególne właściwości [10]. Rozwój filogenetyczny to bowiem ciągle przekształcanie programów informacji, to ciągle, z pokolenia na pokolenie, dopasowywanie do siebie genów dobrze „współgrających” w pulach genowych populacji i gatunków, poprzez ocenę przez dobór naturalny ich efektów fenotypowych na tle ustawicznie zmieniającego się środowiska. Stosunkowo wolne tempo tego typu ewolucji pozwoliło na wypracowanie doskonałych, wysoce homeostatycznych epigenotypów (dróg realizacji fenotypu), skutecznie zabezpieczających programy genetyczne przed destruktwnymi wpływami zewnętrznymi. Szybkość ewolucji opartej o dziedziczenie lamarkowskie byłaby o wiele rzędów wielkości większa. Już sam ten fakt

czyni mało prawdopodobną możliwość wypracowania mechanizmów zapewniających stabilność populacji i gatunków. Stąd wielu badaczy, między innymi Maynard Smith [10], uważa, że powszechne dziedziczenie cech nabytych prowadziłoby raczej do zwyrodnienia niż do ewolucji, ponieważ większość z nich jest wynikiem uszkodzeń, chorób i procesów starzenia się — a tylko część z nich jest przystosowawcza.

LITERATURA

1. Brooks D. R. — *What's going on in evolution? A brief guide to some new ideas in evolutionary theory*. Can. J. Zool. 61: 2637-2645, 1983.
2. Darwin K. — *O powstawaniu gatunków drogą doboru naturalnego*. PWRiL, Warszawa, 1955.
3. Darwin K. — *Zmienność zwierząt i roślin w stanie udomowienia*. Cz II. PWRiL, Warszawa, 1959.
4. Fitch W. M. — *The challenges to darwinism since the last centennial and the impact of molecular studies*. Evolution 36: 1133-1143, 1982.
5. Futuyma D. J. — *Evolutionary biology*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, 1979.
6. Kuźnicki L., Urbanek A. — *Zasady nauki o ewolucji*. T. II, PWN, Warszawa, 1970.
7. Mayr E. — *Basic concepts of evolutionary biology*. W: *Evolution and the diversity of life*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge-Massachusetts-London, England, 1976.
8. Mayr E. — *Lamarck revisited*. Ibidem.
9. Mayr E. — *Speciation and macroevolution*. Evolution 36: 1119-1132, 1982.
10. Maynard Smith J. — *Teoria ewolucji*. PWN, Warszawa, 1968.
11. Plytycz B. — *Odrodzenie lamarkizmu w immunologii*. Kosmos 1-2, 1982.
12. Petrusewicz K. — *Teoria ewolucji w wypisach. Lamarck, Wallace, Darwin*. WP, Warszawa, 1959.
13. Szarski H. — *Mechanizmy ewolucji*. Ossolineum, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk, 1976.
14. Urbanek A. — *Rewolucja naukowa w biologii*. WP, Warszawa, 1973.

SYNTEZA I EWOLUCJA MAKROMOLEKUŁ W SYMULOWANYCH WARUNKACH PREBIOTYCZNYCH

Badania laboratoryjne nad procesami zachodzącymi w tzw. symulowanych warunkach prebiotycznych stanowią główny nurt badań nad mechanizmami biogenezy. Kierunek ten, zapoczątkowany w 1953 roku doświadczeniami S. L. Millera, okazał się bardzo płodny w odniesieniu do pierwszego etapu ewolucji chemicznej, obejmującego powstawanie biologicznie ważnych monomerów. W prostych urządzeniach, odtwarzających przypuszczalny skład pierwotnej atmosfery lub hydrosfery i panujące tam warunki, otrzymano m.in. aminokwasy [1], puryny [2], cukry [3], i lipidy [4, 5].

Drugi etap ewolucji chemicznej obejmuje procesy, które doprowadziły do powstania złożonych makromolekuł o wysokim stopniu uporządkowania, takich jak białka czy kwasy nukleinowe. Składają się na to procesy polimeryzacji występujących w prebiotycznym środowisku monomerów oraz selekcji molekularnej (samoorganizacji), odpowiedzialne za to, że ewolucja chemiczna doprowadziła do powstania układów zdolnych do samoreplikacji, zbudowanych z polimerów o wysoce uporządkowanej strukturze, złożonych ze składników o ściśle określonej budowie chemicznej i chiralności.

Od blisko trzydziestu lat prowadzone są badania laboratoryjne nad polimeryzacją i selekcją molekularną w symulowanych warunkach prebiotycznych. Termin „symulowane warunki prebiotyczne” jest dość nieokreślony, wiemy bowiem bardzo niewiele o rzeczywistych warunkach panujących na Ziemi w ciągu pierwszego miliarda lat jej istnienia. Nie wiemy również, w jakim konkretnie środowisku zachodziły interesujące nas procesy ewolucji chemicznej.

Klasyczna teoria Oparina [6] umieszczała ten etap ewolucji w otwartym oceanie, ale rozpatrywane są również inne biotopy, np.: plaże w strefie pływów [7], zbiorniki wodne na zboczach wulkanów [8], okresowo topniejące lodowce [9], gorące, głębinowe źródła wulkaniczne [10], czy gęste obłoki pierwotnej atmosfery [11]. W praktyce więc dopuszczalny jest każdy układ symulujący warunki które mogły występować w jakimkolwiek prawdopodobnym środowisku na pierwotnej Ziemi.

W niniejszym artykule przedstawione są dotychczasowe osiągnięcia w badaniach nad prebiotyczną syntezą polipeptydów i kwasów nukleinowych. Omówiono również perspektywy i organiczenia, metody eksperymentalnej oraz znaczenie uzyskanych wyników dla poznania mechanizmów powstawania życia.

POLIMERYZACJA AMINOKWASÓW

Spośród różnych opracowanych dotychczas metod polimeryzacji aminokwasów cztery okazały się szczególnie wydajne. Są to:

- termiczna polimeryzacja aminokwasów w stanie bezwodnym,
- polimeryzacja w roztworach wodnych przy udziale polifosforanów jako środków kondensujących,
- polimeryzacja w roztworach wodnych przy udziale jonów metali jako katalizatorów,
- polimeryzacja w fluktuującym wodno-łłowym środowisku.

Najwcześniej opracowanym sposobem otrzymywania makromolekuł w hipotetycznych warunkach prebiotycznych jest termiczna polimeryzacja aminokwasów, w wyniku której powstają białkopodobne polimery o dużej masie cząsteczkowej, zwane protenoidami. Zostały one opisane w latach pięćdziesiątych przez S. W. Foxa [12], i od tego czasu poddawane są intensywnym badaniom, prowadzonym przede wszystkim przez ich odkrywcę.

Według Foxa, wydarzenia w erze prebiotycznej przebiegały zgodnie z następującym schematem. Aminokwasy tworzyły się przez ochładzanie gorących gazów wulkanicznych i, opadając na ciepłe skały, ulegały termicznej polimeryzacji. Tak powstałe protenoidy były splukiwane przez deszcze do zbiorników wodnych, gdzie powstawały z nich kuliste struktury zwane mikrosferami, będące zaczątkami komórek.

Przedstawiony schemat jest dyskusyjny. Przede wszystkim wątpliwości budzi możliwość syntezy aminokwasów w zaproponowany sposób. Lawless i Boynton [13] wykazali eksperymentalnie, że wydajność takiego procesu jest skrajnie niska, rzędu 0,007%. Mimo to łatwość otrzymywania protenoidów — uzyskuje się je przez ogrzanie suchej lub lekko zwilżonej mieszaniny aminokwasów do ok. 180°C — uczyniła z nich dogodny model do badań nad prebiotycznymi zależnościami.

Struktura protenoidów jest odmienna od białkowej. Wykazano, że wiązania peptydowe w pozycji β , γ i ϵ przeważają nad wiązaniami α [14]. Ponadto w skład protenoidów wchodzi związki powstające przez termiczne przekształcenia aminokwasów, jak np. flawiny czy pterydyny [15]. Tym niemniej istotny jest fakt, że sekwencje aminokwasów w protenoidach nie są całkowicie przypadkowe. Badania nad sekwencjami aminokwasów w krótkich peptydach otrzymanych przez termiczną polimeryzację [16, 17], jak i powstałych przez frakcjonowanie protenoidów [18] wykazują niezbicie, że liczba występujących w protenoidach sekwencji aminokwasów jest ograniczona. Fox określa to zjawisko jako samoporzadkowanie się sekwencji (self-sequencing), [19].

Drugą istotną cechą protenoidów są ich właściwości katalityczne. Różne protenoidy, w zależności od swego składu aminokwasowego, mogą działać jak esterazy, fosfatazy, dekarboksylazy, transaminazy, dezaminazy i peroksydazy. Szczególnie interesująca jest zdolność protenoidów bogatych w lizynę (zawierających ok. 35% tego aminokwasu) do katalizowania wiązania peptydowego [20] i wiązania między nukleotydami [21]. Protenoidy mogły więc odgrywać rolę katalizatorów syntezy innych, biologicznie ważnych makromolekuł.

Nie wiemy, czy protenoidy termiczne odgrywały jakąś rolę w rzeczywistych reakcjach prebiotycznych. Badania nad nimi dowodzą natomiast, że możliwe jest spontaniczne powstanie w warunkach prebiotycznych polimerów o częściowo uporządkowanej strukturze, zdolnych do specyficznych oddziaływań katalitycznych.

Protenoidy są polimerami otrzymywanymi zasadniczo w środowisku bezwodnym. Zgodnie jednak z najpopularniejszą teorią biogenezy, wywodzącą się z prac Oparina i Haldane'a, procesy polimeryzacji zachodziły w środowisku wodnym, w tzw. pierwotnym bulionie.

Z teorią pierwotnego bulionu wiąże się pewien problem. Reakcje między biologicznymi monomerami, prowadzące do powstawania peptydów, nukleotydów, polinukleotydów etc. wiążą się z odszczepieniem cząsteczki wody. Zatem spontaniczne zachodzenie takich reakcji w rozcieńczonym środowisku wodnym jest mało prawdopodobne, bowiem równowaga reakcji jest przesunięta silnie w stronę monomerów.

Problem próbowano rozwiązać przez połączenie procesu polimeryzacji dehydratacyjnej z hydrolizą innych związków, które mogły występować w prebiotycznym środowisku i które mogły funkcjonować jako czynniki kondensujące. Brano pod uwagę takie związki jak cyjanamid, dwucyjanamid, dwucjanodwuamid, cyjan, dwuaminomaleonitryl oraz liniowe i cykliczne polifosforany [22].

Zdecydowanie najlepsze wyniki osiągnięto przy użyciu różnych polifosforanów. W doświadczeniu Rabinowitza i wsp. [23] badano wpływ trójmetafosforanu na polimeryzację glicyny w roztworze o $\text{pH} \geq 8$, utrzymywanym za pomocą NH_4OH . Stwierdzono powstawanie dwupeptydu z wydajnością do 40% i śladów trójpeptydu (0,1-0,5%). Później stwierdzono, że wydajność syntezy trójpeptydu można zwiększyć 10-20 razy dodając do mieszaniny reakcyjnej niewielkie ilości imidazolu lub jego pochodnych [24]. W ostatnich doświadczeniach Rabinowitza i Hampaï [25] uzyskali prawie 100% polimeryzację glicyny, utrzymując zasadowe pH mieszaniny reakcyjnej przy pomocy NaOH lub KOH.

Występowanie polifosforanów w prebiotycznym środowisku jest prawdopodobne. Mogły one powstawać podczas wyładowań elektrycznych w pierwotnej atmosferze, jeśli zawierała ona fosforowodór PH_3 [26]. Mogły również powstawać przez redukcję tlenkiem węgla fosforanu żelazowego do żelazowego, który w obecności siarkowodoru daje pirofosforan spontanicznie polimeryzujący do polifosforanu [27].

Mechanizm działania polifosforanów polegałby na tworzeniu aktywowanych postaci aminokwasów. Jest to możliwe na dwa sposoby: tworzenie amidów fosforowych i tworzenie amioacylofosforanów. W tym drugim przypadku powstawałoby wiązanie analogiczne do występującego w adenylanach aminokwasów, czyli w aktywowanych aminokwasach występujących w organizmach żywych.

Użyte w omawianych doświadczeniach związki imidazolowe odgrywają znaczącą rolę w biochemii współczesnych organizmów. Imidazol może być otrzymywany w symulowanych warunkach prebiotycznych [28] i z powodu

swej aktywności katalitycznej w reakcjach polimeryzacji jest wykorzystywany w różnych układach eksperymentalnych.

Badania nad ewentualną rolą jonów metali w procesach polimeryzacji podjęte zostały stosunkowo późno. Z końcem lat siedemdziesiątych F. Egami wprowadził do badań tzw. zmodyfikowaną wodę morską. Jest to woda w której zwiększono wielokrotnie (od tysiąca do 100 tysięcy razy) zawartość takich jonów jak MoO_4^{2-} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} . W pierwszych eksperymentach badano wpływ takiej mieszaniny jonów na roztwór formaldehydu (CH_2O) i hydroksyloaminy (NH_2OH). Występowanie dużych ilości obu tych związków w pierwotnym oceanie jest bardzo prawdopodobne. Roztwory przechowywano w warunkach beztlenowych, w temperaturze 105°C . Po kilku tygodniach roztwory poddano analizie i stwierdzono powstanie w nich około 40 aminokwasów, w tym kilku białkowych, oraz krótkich peptydów. [29, 30].

W dalszych badaniach, zamiast hydroksyloaminy i formaldehydu, użyto mieszaniny kilku aminokwasów (0,05 M glicyny i po 0,005 M kwasu asparaginowego, glutaminowego, lizyny, argininy, histydyny, tryptofanu, fenyloalaniny i tyrozyny). Po ośmiu tygodniach stwierdzono powstanie w roztworze kulistych struktur zbudowanych z wielkocząsteczkowego materiału, które nazwano marisomami i marigranulami [31].

Marisomy to miękkie, puste w środku kuleczki o średnicy $0,3\text{--}3\ \mu\text{m}$, zbudowane z lipofilnego polimeru o ciężarze 3400 daltonów, łatwo rozpuszczalnego w rozpuszczalnikach organicznych.

Marigranule miały otoczkę zbudowaną z takiego polimeru jak marisomy, natomiast wewnątrz wypełnione było polimerami o ciężarze do 82000 daltonów. Stwierdzono, że w skład tych polimerów wchodzi 14 aminokwasów, a więc więcej niż było w mieszaninie początkowej. Proces polimeryzacji połączony był zatem z przemianami jednych aminokwasów w inne. Nowopowstałe aminokwasy to: prolina, treonina, alanina, seryna i izoleucyna. Ponadto stwierdzono, że przynajmniej część wiązań między aminokwasami ma charakter peptydowy, oraz że pod względem strukturalnym badany polimer przypomina białko elastynę [32]. Można przypuszczać, że marisomy i marigranule reprezentują kolejne stadia ewolucji tych struktur. Najpierw powstają marisomy, które absorbują do wnętrza wolne aminokwasy i oligopeptydy; tam polimeryzują one dając makromolekuły o większej złożoności.

Następny kierunek badań nawiązuje do hipotezy przedstawionej z końcem lat czterdziestych przez J. D. Bernala [7]. Uważał on, że najodpowiedniejszym środowiskiem do zachodzenia reakcji prebiotycznych są powierzchnie mineralne na granicy fazy ciekłej i stałej. Adsorpcja na powierzchniach minerałów mogłaby prowadzić do akumulacji monomerów, ponadto właściwości katalityczne takich powierzchni mogłyby sprzyjać polimeryzacji. Wreszcie uporządkowana struktura krystaliczna minerałów mogłaby, w jakiś sposób, stanowić matrycę wprowadzającą uporządkowanie do tworzących się polimerów.

Spśród różnego rodzaju minerałów szczególnie odpowiednie są minerały ilaste (np. montmorillonit, kaolinit). Mają one dobrze znane właściwości katalityczne, bardzo wysoki stosunek powierzchni czynnej do objętości, są

również szeroko rozpowszechnione. Musiały być także powszechne w erze prebiotycznej, są bowiem głównym produktem wietrzenia skał wulkanicznych.

Pierwsze obszerne badania w tym kierunku rozpoczęto dopiero z końcem lat sześćdziesiątych. A. Katchalsky i M. Paecht-Horowitz [33] używali w swoich badaniach montmorillonitu. Jest to minerał pęczniący w wodzie, o trójwarstwowej budowie ($\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Al}(\text{OH})_3 - \text{SiO}_2$). Jony glinu mogą być częściowo zastępowane przez inne, np. przez Mg^{2+} . Wymiana jonów trójwartościowych na dwuwartościowe powoduje powstanie silnie ujemnych miejsc, uporządkowanych w rodzaj kraty, które są najprawdopodobniej aktywnymi centrami adsorpcyjnymi iłu.

Ponieważ montmorillonit w środowisku o $\text{pH} \approx 7$ nie adsorbuje samych aminokwasów, autorzy ci używali więc ich adenylowanych pochodnych. W obecności iłu uzyskano wydajną syntezę polimerów złożonych z 40-50 jednostek, natomiast reakcja samych adenylanów dawała oligomery złożone najwyżej z 6 aminokwasów.

Według Paecht-Horowitz [34] mechanizm opisanego zjawiska jest następujący. Częsteczki adenylanów nie reagują ze sobą, są bowiem wzajemnie odpychane przez ujemnie naładowane grupy fosforanowe. Polimeryzacja staje się możliwa dopiero wówczas, gdy w roztworze znajdują się pewne ilości wolnych aminokwasów. Mogą one reagować z adenylanami, tworząc dwupeptydy z jednoczesnym uwolnieniem kwasu adenylowego. Taki dwupeptyd może z kolei reagować z następną cząsteczką adenylanu. W taki sposób mogą powstawać oligomery złożone najwyżej z kilku jednostek.

Reakcja w obecności montmorillonitu wiąże się z adsorpcją na tym mineralu. Następuje przy tym neutralizacja dodatnio naładowanej grupy aminowej i ujemnie naładowanej grupy fosforanowej. Dzięki temu możliwe staje się zbliżenie i połączenie cząsteczek.

Kwestią sporną jest możliwość występowania aminokwasowych adenylanów w warunkach prebiotycznych. Paecht-Horowitz i Katchalsky [35] otrzymali takie związki podczas inkubacji aminokwasów z ATP w obecności zeolitów, wyniki te zostały jednak zakwestionowane przez innych autorów [36].

Dalszy postęp w badaniach nad rolą iłów w reakcjach prebiotycznych wiąże się z wprowadzeniem przez N. Lahava modelu fluktuującego wodno-łowego środowiska. Zwraca on uwagę na środowisko podlegające cyklicznemu nawadnianiu i wysuszaniu. Sytuacja taka może powstawać np. na plażach w strefie pływów, bądź też w okresowo wysychających lądowych zbiornikach wodnych. Podczas takich cyklicznych przemian ulega zmianie szereg istotnych parametrów środowiska, takich jak stężenie rozpuszczonych związków, kwasowość, temperatura etc., co może mieć istotny wpływ na przebieg reakcji zachodzących w takim środowisku.

Badania eksperymentalne wykazały, że przedstawiona hipoteza jest trafna. Lahav i wsp. [37, 38] stwierdzili, że polimeryzacja glicyny w obecności montmorillonitu lub kaolinitu jest wielokrotnie wyższa (wydajność 1-3%) po poddaniu mieszaniny reakcyjnej naprzemian nawadnianiu i wysuszaniu.

Lahav i White [39] tłumaczą mechanizm opisanego procesu następująco. Podczas dehydratacji wzrasta jonizacja wody w rezultacie czego następuje

protonacja grup karboksylowych i aminowych aminokwasów. Powoduje to wzrost ich kationowego charakteru i w konsekwencji ich większe powinowactwo do anionowych miejsc na ile. Podczas rehydratacji następuje proces odwrotny, aminokwasy oraz powstałe peptydy są desorbowane i rozpuszczane ponownie w wodzie. Wiele lub większość miejsc adsorpcyjnych ifu zostaje w ten sposób uwolnionych i mogą one być wykorzystane w następnym cyklu. Dzięki temu efekt polimeryzacji w środowisku poddanym cyklicznym przemianom może być wielokrotnie wyższy niż w środowisku niezmiennym.

Hipoteza dotycząca roli ifów w reakcjach prebiotycznych wydaje się dobrze uzasadniona i może stanowić dobrą podstawę do dalszych badań. O pewnych wynikach uzyskanych przy użyciu wodno-ifowego fluktuującego środowiska będzie jeszcze mowa w dalszych częściach artykułu.

Z dotychczasowych doświadczeń szczególnie interesujące są te w których stwierdzono, że pewne prebiotyczne polimery mogą katalizować powstawanie innych polimerów. Nakashima i Fox [20] opisali tworzenie się dwu- i trójglicyny w roztworze zawierającym obok aminokwasów i ATP także protenoidy bogate w lizynę. Wydajność reakcji była raczej niska, 0,4% dla dimeru i 0,12% dla trimery. Podobne wyniki uzyskano używając zamiast glicyny innych aminokwasów.

Znacznie bardziej spektakularne wyniki uzyskali White i Erickson [40]. Badali oni wpływ różnych czynników na polimeryzację glicyny w wodno-ifowym fluktuującym środowisku. Okazało się, że niewielkie ilości histydylohistydyny zwiększają wydajność polimeryzacji co najmniej trzykrotnie, przy czym zaobserwowano powstawanie większej ilości dłuższych oligomerów. Przy użyciu innych dwupeptydów jako katalizatorów nie obserwowano takiego efektu, a sama histydyna, imidazol lub N-acetylohistydyna powodowały jedynie niewielki wzrost polimeryzacji. Histydylohistydyna działa jak prawdziwy enzym w sensie powtarzalności reakcji, bowiem już 1 nM tego dwupeptydu wystarczał do przetworzenia w postać oligomeru 52 nM glicyny. Jest to pierwszy opisany przypadek prebiotycznego katalizatora, wykazującego liczbę obrotów wielokrotnie większą niż 1.

Opisany proces rozpoczyna się od aktywacji aminokwasu przez if. Następnie aktywowana glicyna łączy się z katalizatorem, przy czym wykorzystane zostają pierścienie imidazolowe obu cząsteczek histydyny. Tak powstały kompleks reaguje z następną cząsteczką glicyny, w wyniku czego powstaje oligomer i uwolniony zostaje katalizator.

Stwierdzenie, że bardzo mały peptyd może być wydajnym katalizatorem reakcji prebiotycznych ma bardzo duże znaczenie dla dyskusji nad problemem powstania życia na Ziemi. Wielokrotnie bowiem przeciwnicy naturalnej biogenezy wykazywali, że spontaniczne powstanie białka enzymatycznego nie jest możliwe, zakładając niejako, że zdolność katalizy mogą mieć jedynie duże cząsteczki białka o ściśle określonej sekwencji. Przypadkowe powstanie zaś takiego białka uważali za skrajnie nieprawdopodobne. Opisanie katalitycznych właściwości histydylohistydyny, jak również różnych protenoidów czyni takie argumenty bezpodstawnymi.

SYNTEZA I POLIMERYZACJA NUKLEOTYDÓW

W środowisku prebiotycznym prawdopodobnie obecne były wszystkie składniki potrzebne do syntezy nukleotydów. Wykazano również zachodzenie takiej syntezy w symulowanych warunkach prebiotycznych. Ponnampuruma i wsp. [41] otrzymali AMP, ADP, ATP i AtetraP naświetlając promieniami UV roztwór adeniny, rybozy i metafosforanu.

Badania nad zachowaniem się nukleotydów w symulowanym prebiotycznym środowisku dotyczyły przede wszystkim dwóch zagadnień:

- polimeryzacji nukleotydów,
- tworzenia się komplementarnych polimerów na istniejących już polinukleotydowych matrycach.

Powstawanie polinukleotydów obserwowane było w różnych układach eksperymentalnych. Jungck i Fox [21] opisali tworzenie się oligonukleotydów w roztworze zawierającym ATP i mikrosfery zbudowane z bogatych w lizynę protenoidów. Odom i wsp. [42] zaobserwowali polimeryzację nukleotydów we fluktuującym wodno-łowym środowisku w obecności kaolinitu i cyjanamidu. Sawai [43] stwierdził tworzenie się polinukleotydów pod wpływem jonów Pb^{2+} .

Szczególnie wiele uwagi poświęcono samoreplikacji kwasów nukleinowych. W żywych organizmach proces ten zachodzi przy udziale specjalnych enzymów — polimeraz. Celem eksperymentów, prowadzonych przede wszystkim przez zespół L. E. Orgela było zbadanie możliwości zachodzenia replikacji bez udziału wyspecjalizowanych enzymów. W doświadczeniach badano roztwory zawierające pojedyncze łańcuchy polinukleotydów, służące jako matryce, oraz odpowiednio aktywowane nukleotydy. W większości prac używano nukleotydów w których do grupy fosforanowej przyłączony był związek imidazolowy, ostatnio wprowadzono także pochodne innego rodzaju [44]. Początkowo jako matryce używane były homopolinukleotydy: poli(A), poli(U), poli(C), poli(G), później także różne heteropolinukleotydy.

W dotychczasowych badaniach udało się zaledwie „napocząć” problem prebiotycznej replikacji, tym niemniej dokonano już kilku interesujących obserwacji.

Stwierdzono, że wydajność polimeryzacji zależy w dużym stopniu od rodzaju polinukleotydu użytego jako matryca. Szczególnie skuteczne okazały się matryce zawierające głównie lub wyłącznie cytozynę. Używając poli(C) Inoue i Orgel [45] stwierdzili powstawanie ze znaczną wydajnością oligomerów guanylowych zawierających do 50 jednostek. W innym doświadczeniu autorzy ci użyli jako matrycy polinukleotydów zawierających głównie cytozynę, z domieszką jednej lub kilku pozostałych zasad. Stwierdzili wówczas zachodzenie wysoce komplementarnej polimeryzacji, odpowiednie nukleotydy z roztworu były wbudowywane do tworzących się oligomerów tylko wtedy, gdy ich komplement znajdował się w matrycy [46]. Pełną komplementarność uzyskano używając jako matrycy oligomeru o sekwencji C-C-G-C-C. W doświadczeniu powstawał oligomer G-G-C-G-G z wydajnością do 17% [47].

Wydajność opisanego procesu zależy od ilości cytozyny w matrycy i spada do zera wraz ze zmniejszaniem się jej zawartości. Powstający oligomer nie może więc funkcjonować jako matryca do komplementarnej syntezy oligonukleotydu o sekwencji takiej jak matryca wyjściowa, opisane zjawisko nie jest więc jeszcze samoreplikacją sensu stricto.

Wydajność procesu polimeryzacji i charakter tworzących się cząsteczek zależały od wielu czynników, takich jak koncentracja reagentów, temperatura, pH. Okazało się też, że duży wpływ na przebieg zachodzących procesów mogą mieć jony metali. Sawai [43] wykazał bardzo wydajną rolę jonów Pb^{2+} w katalizowaniu wiązania między nukleotydami. Słabsze działanie w tym procesie wykazywały również jony Co^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Rodzaj użytego jonu miał wpływ nie tylko na wydajność procesu, ale również na rodzaj tworzących się wiązań. Dowodzą tego np. doświadczeni Fakhrai i wsp. [48]. Jako matrycę używali oni krótkich oligomerów cytydylowych. Oligomery powstające bez udziału jonów, jak również przy użyciu Pb^{2+} miały wiązania między węglami 2' i 5' pentoz w sąsiednich nukleotydach. Natomiast jony Zn^{2+} sprzyjały tworzeniu się wiązania 3'-5', takiego, jakie występuje w naturalnych polinukleotydach. Jest to obserwacja warta podkreślenia, jako że naturalne polimerazy DNA i RNA są enzymami współdziałającymi z Zn^{2+} . Jest jeszcze jedna istotna różnica w działaniu tych jonów. Polimeryzacja przy udziale Zn^{2+} dawała oligomery krótsze lub równej długości co matryca. Natomiast w obecności Pb^{2+} , przy użyciu krótkich matryc powstawały oligomery dłuższe od nich. Nawet przy matrycy zawierającej tylko dwa nukleotydy powstawały oligomery zawierające 10-12 jednostek. Powstawanie cząsteczek dłuższych od matrycy opisali również Chen i wsp. [49], tym razem w obecności jonów Mg^{2+} .

Omówione wyniki wykazują, że możliwe jest powstawanie oligonukleotydów w symulowanych warunkach prebiotycznych oraz, że przynajmniej niektóre z powstałych cząsteczek mogą stanowić matryce do komplementarnej syntezy następnych polimerów.

AMINOKWASY I KWASY NUKLEINOWE: PROBLEM POWSTANIA KODU

Ważny nurt badań nad prebiotycznymi zależnościami dotyczy oddziaływań między aminokwasami i peptydami z jednej strony, a kwasami nukleinowymi z drugiej. Badania te mogą pomóc zrozumieć w jaki sposób wykształcił się system biosyntezy białek i zasada kodu genetycznego.

Istnieją dwa przeciwstawne podejścia do kwestii powstania kodu genetycznego. Zwolennicy jednego zakładają istnienie bezpośrednich stereochemicznych zależności między aminokwasami a kodującymi je trójkami nukleotydów, które to zależności zdeterminowały obecną postać kodu [50]. Inni uważają, że takie ukształtowanie kodu jakie istnieje we współczesnych organizmach powstało przypadkowo spośród wielu różnych możliwości. Rozpowszechnienie się jednego systemu uniemożliwiło powstanie innych, F. H. C. Crick [51] określa to jako „zamrożony przypadek”.

Badania nad symulowanymi reakcjami prebiotycznymi nie przyniosły jak

dotąd odpowiedzi na pytanie która z przedstawionych hipotez jest słuszna, chociaż niektóre wyniki wydają się przemawiać za teorią stereochemiczną.

W doświadczeniu Webera i wsp. [52] badano wpływ poszczególnych trójfosforanów nukleotydów na tworzenie się peptydów z aminokwasów mających homogenne antykodony, tj. fenyloalaniny (AAA), proliny (GGG) glicyny (CCC) i lizyny (UUU). Polimeryzację przeprowadzano przez odparowywanie roztworów zawierających odpowiednie kombinacje aminokwasów i nukleotydów oraz imidazol i jony magnezu. Obserwowano tworzenie się oligopeptydów, nie stwierdzono natomiast zgodnego z regułami kodu wpływu poszczególnych nukleotydów na wydajność polimeryzacji. Fenyloalanina i prolina polimeryzowały najsilniej w obecności CTP, lizyna przy GTP a glicyna, w zależności od pH, przy UTP lub CTP.

Inna metoda polegała na poszukiwaniu preferencji przy koprecypitacji protenoidów zawierających dużą ilość jednego z homokodonowych aminokwasów z odpowiednimi polinukleotydami. Lacey i wsp. [53] stwierdzili najpierw, że protenoidy lizynowe najwydajniej precypitują z kwasem poliurydylowym, następnie stwierdzono podobne preferencje między protenoidami glicynowymi a poli(C) oraz protenoidami prolinowymi poli(G). Natomiast protenoidy fenyloalaninowe wykazywały najsilniejsze powinowactwa do poli(U) a nie do poli(A) [54]. Później jednak, badając wiązanie się fenyloalaniny z różnymi nukleotydami, stwierdzono jej wyraźną preferencję do AMP [55].

Interesujące wyniki uzyskali White i Erickson [56]. Przeprowadzając polimeryzację glicyny w wodno-łólowym fluktuującym środowisku stwierdzili, że wydajność procesu jest zwiększana nawet czterokrotnie przez różne poliribonukleotydy, natomiast polideoksyribonukleotydy nie wywierają żadnego efektu. Najsilniejszy efekt wywierało poli(G), natomiast względna wydajność pozostałych polinukleotydów zależała od stężenia reagentów. Autorzy przypuszczają, że w opisanym procesie następuje najpierw wiązanie się aktywowanych przez H^+ aminokwasów do grup $2'\text{OH}$ nukleotydów, a następnie tworzenie się wiązania peptydowego między przyległymi aminokwasami.

Na ewentualną rolę polinukleotydów w syntezie peptydów wskazują również doświadczenia Webera i Orgela [57, 58]. Stwierdzili oni wpływ poli(U) na tworzenie się peptydów z glicylowych estrów pochodnych adenyliny. Natomiast doświadczenie z użyciem poli(C) i glicylowych estrów guanozyny nie przyniosło widocznych efektów.

Wyniki opisanych doświadczeń, a także inne zjawiska, jak np. wyraźna korelacja w hydrofobowości między aminokwasami a ich antykodonowymi fosforanami dwunukleotydów [59, 60], mogą potwierdzać hipotezę, że powstanie kodu mogło być zależne od słabych, ale selekcyonalnych, wzajemnych powinowactw aminokwasów i kwasów nukleinowych.

SELEKCJA MOLEKULARNA

Makromolekuły występujące we współczesnych organizmach zbudowane są z zaskakująco niewielkiej liczby monomerów ściśle określonego rodzaju.

W skład białek wchodzi 20 α -aminokwasów i są to wyłącznie izomery szeregu L. Kwasy nukleinowe zawierają pięć różnych zasad azotowych i dwie D-pentozy. Tymczasem w środowisku prebiotycznym występowała znacznie większa różnorodność cząsteczek. Samych aminokwasów było ponad 40 [61]. Co więcej, pewne białkowe aminokwasy były prawdopodobnie nieobecne w tym środowisku. W żadnych symulowanych warunkach prebiotycznych nie udało się, jak dotąd, stwierdzić powstawania takich aminokwasów jak: fenyloalanina, tyrozyna, arginina, histydyna, tryptofan czy metionina [62].

Występujące w prebiotycznym środowisku cząsteczki teoretycznie mogą łączyć się ze sobą na różne sposoby, dając w rezultacie ogromną różnorodność polimerów. Czy w rzeczywistych warunkach prebiotycznych powstawanie takich związków jak białka czy kwasy nukleinowe było najbardziej prawdopodobne? Czy też powstawało wiele różnych polimerów, z których większość została wyeliminowana w wyniku procesów określanych jako selekcja molekularna? Jeśli zachodziła taka selekcja, to jakie czynniki były za nią odpowiedzialne? Można znaleźć względnie zadowalającą odpowiedź na pytanie, dlaczego biologiczne polimery są właśnie takie, jakie są. Wiadomo np., że białka są bardziej stabilne gdy zbudowane są tylko z izomerów jednego rodzaju. Nie wiadomo natomiast, co spowodowało, że są to właśnie izomery szeregu L i czy w ogóle istniała jakaś przyczyna takiego wyboru, czy też jest to wynik czystego przypadku.

Podobnie można uzasadniać ograniczenia liczby białkowych aminokwasów do 20. Weber i Miller [61] biorąc pod uwagę takie czynniki, jak przypuszczalna dostępność poszczególnych aminokwasów w prebiotycznym środowisku, funkcje tych aminokwasów w białku, ich trwałość i wpływ na stabilność utworzonych z nich peptydów, odporność na racemizację i stabilność w tRNA doszli do wniosku, że w skład białek wchodzi aminokwasy najbardziej z powyższych przyczyn odpowiednie. Autorzy ci uważają, że jeżeli życie istnieje jeszcze na jakiejś innej planecie, to tamtejsze białka będą również zbudowane z α -aminokwasów i, przynajmniej w 75 procentach, będą to te same aminokwasy co w białkach ziemskich.

Przedstawione argumenty uzasadniają określoną budowę makromolekuł w kontekście ich funkcjonowania w istniejących żywych komórkach. Nie wiadomo natomiast, jakie czynniki odpowiedzialne były za procesy selekcji zachodzące przed powstaniem pierwszych żywych organizmów. Badania eksperymentalne w symulowanych warunkach prebiotycznych przyniosły dotychczas niewiele wyników, mających znaczenie dla wyjaśnienia tej kwestii.

Szczególnie wiele uwagi poświęcono poszukiwaniu przyczyn odpowiedzialnych za to, że w białkach występują wyłącznie L-aminokwasy. Próbowano znaleźć wyjaśnienie przy użyciu czynników działających we wczesnych stadiach ewolucji chemicznej. Badano wpływ pól magnetycznych, spolaryzowanego światła, spolaryzowanych elektronów i różnych minerałów o właściwościach adsorpcyjnych na syntezę, degradację oraz stereoselektywną adsorpcję aminokwasów. Doświadczenia te nie przyniosły jednak jednoznacznych wyników [63].

Wielu autorów przypuszcza, że powstanie asymetrii materii żywej może być związane z procesami zachodzącymi podczas polimeryzacji i z wzajem-

nymi oddziaływaniami między peptydami a kwasami nukleinowymi. Wiadomo, że polimeryzacja aminokwasów jest bardziej wydajna, gdy w procesie biorą udział tylko enancjomery jednego szeregu. Blair i Bonner [64] opisali zjawisko „samoporządkowania się” peptydu pod względem zawartości enancjomerów. W ich doświadczeniu mieszanina D- i L-leucyny (w stosunku 2:1) była poddana polimeryzacji, a następnie częściowej hydrolizie. Otrzymany w rezultacie polimer zawierał prawie 25% więcej enancjomeru D w stosunku do mieszaniny początkowej. Podobne zjawiska mogą zachodzić również w reakcjach kwasów nukleinowych. Joyce i wsp. [65] stwierdzili, że oligomeryzacja aktywowanych nukleotydów guanilowych na matrycy poli(C) jest wydajniejsza, gdy matryca i nukleotydy mają taką samą skrętność.

Stereoselektywne procesy mogą również być obserwowane w oddziaływaniach między kwasami nukleinowymi a aminokwasami. Usher i wsp. [66] opisali takie reakcje między dwunukleotydem inozyny a pochodnymi alaniny.

Poszukiwania różnic w procesach polimeryzacji między aminokwasami białkowymi a niebiałkowymi, np. podczas tworzenia się protenoidów nie przyniosły efektów. Jedynie Friebele i wsp. [67] uzyskali wyniki wskazujące na możliwość pewnego zróżnicowania. Badając adsorpcję aminokwasów na iłach stwierdzili, że o ile α -aminokwasy, tak białkowe jak i niebiałkowe, były adsorbowane jednakowo bez względu na pH, to β i γ -aminokwasy w środowisku obojętnym i kwaśnym były adsorbowane kilkakrotnie silniej. Trudno obecnie ocenić, czy opisane zjawisko mogło mieć znaczenie w rzeczywistych procesach selekcji molekularnej.

UWAGI KOŃCOWE

Czy opisane powyżej wyniki doświadczeń w symulowanych warunkach prebiotycznych mogą być traktowane jako dowód, że w rzeczywistym środowisku zachodziły procesy polimeryzacji, samoreplikacji oraz selekcji prowadzącej w kierunku coraz bardziej złożonych i uporządkowanych cząsteczek? Entuzjaści biogenezy odpowiedziłoby, że tak. Takie stanowisko prezentowane jest zwykle w opracowaniach popularnonaukowych. Niemniej jednak, odnośnie przedstawionych badań, można wysunąć bardzo poważne zastrzeżenia. Przede wszystkim zwróćmy uwagę, że w eksperymentach bierze udział z reguły bardzo ograniczona liczba odpowiednio dobranych reagentów. W doświadczeniach nad powstawaniem peptydów w skład mieszaniny reakcyjnej wchodziły tylko aminokwasy i odpowiednio dobrane katalizatory. Podobnie we wszystkich innych badaniach w symulowanych warunkach prebiotycznych. Środowisko odtworzone w laboratorium jest więc już wstępnie „uporządkowane”. Jednakże z faktu, że w odpowiednio przygotowanych warunkach powstawać będą pożądane polimery nie wynika wcale, że taki sam proces zachodził w rzeczywistym środowisku prebiotycznym, w którym równocześnie współistniała i reagowała wzajemnie ogromna różnorodność cząsteczek. W tej sytuacji przeciwnicy teorii biogenezy mogą nawet z przedstawionych eks-

perymentów wyciągać wnioski przeciwko możliwości naturalnego powstania życia. Wszak udało się dotychczas doprowadzić do powstania cząsteczek i struktur nieporównywalnie prostszych od najprostszych organizmów żywych. W laboratorium Orgela udało się spolimeryzować i częściowo zreplikować polinukleotydy zawierające ok. 50 jednostek. Najprostsze z bakterii, mykoplazmy, mają genom zawierający ok. 800 tysięcy par nukleotydów. Podobnie wielką różnicę otrzymamy, porównując np. efektywność katalizy prebiotycznych peptydów i protenoidów z wydajnością współczesnych enzymów.

Miedzy układami molekularnymi stworzonymi w hipotetycznych warunkach prebiotycznych a najprostszymi żywymi komórkami istnieje zatem ogromna przepaść. W oparciu o wyniki omawianych doświadczeń trudno jest więc wyjaśnić, w jaki sposób doszło do powstania najprostszych choćby komórek.

Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy jest brak szczegółowej fizycznej teorii biogenezy, która dawałaby podstawy do interpretacji uzyskanych wyników doświadczeń i pozwalałaby na planowanie następnych. Głośna w ostatnim czasie teoria hipercykli Manfreda Eigena [68, 69] zajmuje się ewolucją systemów już o stosunkowo dużej złożoności.

Hipercykle to samoreplikujące się systemy molekularne, złożone z kwasów nukleinowych (długości ok. 100 jednostek) i kodowanych przez nie białek katalizujących zwrotnie ich replikację. Odnosnie tej teorii można jednak wysunąć szereg zastrzeżeń. Nie jest pewne, czy systemy o takiej złożoności jak hipercykle mogą powstawać w wyniku przypadkowych reakcji prebiotycznych. Dotychczasowe wyniki doświadczeń w symulowanych warunkach prebiotycznych nie potwierdzają jednoznacznie takiej możliwości. Jeśli nawet, w oparciu o opisywane wcześniej wyniki prac zespołu Orgela, przyjmiemy za możliwe powstanie polinukleotydów zawierających ok. 100 jednostek, to pozostaje kwestia, czy będą one zawierać wystarczającą ilość informacji aby zagwarantować samoreplikację systemu. Podstawą tych wątpliwości jest fakt, że nawet duże wirusy, o genomie zawierającym ok. 300 tysięcy nukleotydów, nie są w stanie zreplikować się samodzielnie.

Wiele nadziei budzi termodynamika procesów nieodwracalnych, dalekich od stanu równowagi. Szczególnie wielkie zasługi w rozwoju tej teorii ma szkoła brukselska, prowadzona przez I. Prigogine'a. W pracach tego zespołu wiele uwagi poświęcono także kwestii powstania życia [70, 71]. Punktem wyjścia tych teorii jest stwierdzenie, że w systemach otwartych może powstawać uporządkowanie. Jest to możliwe w stanach równowagi termodynamicznej (np. kryształy, błony lipidowe), jak i w stanach dalekich od równowagi. W tym drugim przypadku możliwe jest powstanie mniej lub bardziej stabilnych, uporządkowanych stanów stacjonarnych, których uporządkowanie utrzymywane jest kosztem pobieranej i rozpraszanej energii (stąd systemy takie nazwano dyssypatywnymi czyli rozpraszającymi). Takimi systemami dyssypatywnymi są właśnie organizmy żywe, których uporządkowanie (zarówno strukturalne jak i dynamiczne, wyrażające się ogromną liczbę sprzężonych ze sobą, spójnych reakcji chemicznych) utrzymuje się dzięki rozpraszaniu energii. Zgodnie z przedstawioną teorią, w systemach znajdujących się w

stanie stacjonarnym mogą pojawiać się fluktuacje, które w stanie dalekim od równowagi nie są tłumione, i które mogą wprowadzić system w obszar niestabilności, w którym będzie on ewoluował w stronę nowego stanu stabilnego, o być może większym uporządkowaniu.

Termodynamika nierównowagowa pozwala zrozumieć, jak z punktu widzenia fizyki możliwe było powstanie i ewolucja życia. Jest to jednak jeszcze teoria zbyt ogólna, aby mogła być łatwo zastosowana w szczegółowych eksperymentalnych badaniach reakcji prebiotycznych. Taka synteza wydaje się jednak koniecznością. Można więc przypuszczać, że dalsze badania będą bardziej ukierunkowane w stronę ich powiązania z teorią samoorganizacji systemów molekularnych, tworzoną w oparciu o termodynamikę nierównowagową.

LITERATURA

1. Miller S. L. — *A production of amino acids under possible primitive Earth conditions*. Science 117: 518-519, 1953.
2. Oró J., Kimball A. P. — *Synthesis of purines under primitive Earth conditions*. Arch. Biochem. Biophys. 94: 217-227, 1961.
3. Gabel N., Ponnamperna C. — *Model for origin of monosacharides*. Nature 216: 453-455, 1967.
4. Epps D. E., Nooner D. W., Eichberg J., Sherwood E., Oró J. — *Cyanamide mediated synthesis under plausible primitive Earth conditions. VI. The synthesis of glycerol and glycerophosphates*. J. Mol. Evol. 14: 235-241, 1979.
5. Eichberg J., Sherwood E., Epps D. E., Oró J. — *Cyanamide mediated synthesis under plausible primitive Earth conditions. IV. Synthesis of acylglycerols*. J. Mol. Evol. 10: 221-230, 1977.
6. Oparin A. I. — *Powstanie życia na Ziemi*. PWN, Warszawa, 1968.
7. Bernal J. D. — *The physical basis of life*. Routledge and Kegan Paul, London, 1951.
8. Fox S. W. — *The protenoid theory of the origins of life and competing ideas*. Amer. Biol. Teacher 36: 161-181, 1974.
9. Schwartz A. W., Henderson-Sellers A. — *Glaciers, volcanic islands and the origin of life*. Precambrian Res. 22: 167-174, 1983.
10. Corliss J. B., Baross J. A., Hoffman S. E. — *An hypothesis concerning the relationship between submarine hot springs and the origin of life on Earth*. Oceanol. Acta 26: 59-69, 1981.
11. Woese C. R. — *An alternative to the Oparin view of the primeval sequence*. W: *The origins of life and evolution*. H. O. Halvorson, K. E. Van Holde (red.), Alan R. Liss Inc., New York, str. 65-76, 1980.
12. Fox S. W., Harada K., Vegotsky A. — *A thermal polymerization of amino acids and a theory of biochemical origins*. Experientia 15: 81-84, 1959.
13. Lawless J. G., Boynton C. G. — *Thermal synthesis of amino acids from a simulated prebiotic atmosphere*. Nature 243: 405-407, 1973.
14. Temussi P. A., Paolillo L., Ferrara L., Benedetti E., Andini S. — *Structural characterization of thermal prebiotic polypeptides*. J. Mol. Evol. 7: 105-110, 1976.
15. Heinz B., Reid W. — *The formation of chromophores through amino acid thermolysis and their possible role as prebiotic photoreceptors*. BioSystems 14: 33-40, 1981.
16. Nakashima T., Jungck J. R., Fox S. W., Lederer E., Das B. C. — *A test for randomness in peptides isolated from thermal polyaminoacids*. Int. J. Quant. Chem., Quant. Biol. Symposia 4: 65-72, 1977.

17. Hartman J., Brand Ch., Dose K. — *Formation of specific amino acid sequences during thermal polymerization of amino acids*. *BioSystems* 13: 141-147, 1981.
18. Fox S.W. — *Copolyamino acid fractionation and protobiochemistry*. *J. Chromatography* 215: 115-120, 1981.
19. Fox S.W. — *Protenoid experiments and evolutionary theory*. W: *Beyond Neo-Darwinism*. Ho M.W., Saunders P.T. (red.) Academic Press, London, str. 15-59, 1984.
20. Nakashima T., Fox S.W. — *Synthesis of peptides from amino acids and ATP with lysine-rich protenoid*. *J. Mol. Evol.* 15: 161-168, 1980.
21. Jungck J.R., Fox S.W. — *Synthesis of oligonukleotides by protenoid microspheres acting on ATP*. *Naturwiss.* 60: 425-427, 1973.
22. Hulsof J., Ponnampertuma C. — *Prebiotic condensation reactions in an aqueous medium: a review of condensing agents*. *Origins of Life* 7: 197-224, 1976.
23. Rabinowitz J., Flores J.J., Krebsbach R., Rogers C. — *Peptide formation in the presence of linear and cyclic polyphosphates*. *Nature* 224: 795-796, 1969.
24. Rabinowitz J., Hampai A. — *Influence of nitrogen heterocyclic compounds and of noncondensed azoles in particular on „prebiotic” condensation reactions of α -amino acids induced by polyphosphates in aqueous solution*. *Helv. Chim. Acta* 63: 962-966, 1980.
25. Rabinowitz J., Hampai A. — *Quantitative polyphosphate-induced „prebiotic” peptide formation in H_2O by addition of certain azoles and ions*. *J. Mol. Evol.* 21: 199-201, 1985.
26. Rabinowitz J., Woeller F., Flores J., Krebsbach R. — *Electric discharge reaction in mixture of phosphine, methane, ammonia and water*. *Nature* 244: 796-798, 1969.
27. Griffith E., Gabel N.W., Ponnampertuma C. — *Phosphorus: a key to life on the primitive Earth*. *Origins of Life* 8: 71-85, 1977.
28. Ferris J.P., Sanchez R.A., Orgel L.E. — *Studies in prebiotic synthesis*. *J. Mol. Biol.* 33: 693-704, 1968.
29. Hatanaka H., Egami F. — *The formation of amino acids and related oligomers from formaldehyde and hydroxyloamine in modified sea mediums related to prebiotic conditions*. *Bull. Chem. Soc. Japan* 50: 1147-1156, 1977.
30. Ventilla F., Egami F. — *Formation of amino acids and related oligomers from formaldehyde and hydroxyloamine in a solution of transition metal ions*. *J. Mol. Evol.* 9: 105-109, 1977.
31. Yanagawa H., Egami F. — *Formation of organized particles, marigranules and marisomes from amino acids in a modified sea medium*. *BioSystems* 12: 147-154, 1980.
32. Yanagawa H., Kobayashi Y., Egami F. — *Characterization of marigranules and marisomes, organized particles with elastin-like structures*. *J. Biochem.* 87: 855-869, 1980.
33. Paecht-Horowitz M., Berger J., Katchalsky A. — *Prebiotic synthesis of polypeptides by heterogenous polycondensation of amino acid adenylates*. *Nature* 228: 636-639, 1970.
34. Paecht-Horowitz M. — *The mechanism of clay catalysed polymerization of amino acids adenylates*. *BioSystems* 9: 93-98, 1977.
35. Paecht-Horowitz M., Katchalsky A. — *Synthesis of amino acyl-adenylates under prebiotic conditions*. *J. Mol. Evol.* 2: 91-98, 1973.
36. Warden J.T., McCullough J.J., Lemmon R., Calvin M. — *A re-examination of the zeolite-promoted clay-mediated peptide synthesis*. *J. Mol. Evol.* 4: 189-194, 1974.
37. Lahav N., Chang S. — *The possible role of solid surface area in condensation reactions during chemical evolution*. *J. Mol. Evol.* 8: 357-380, 1976.
38. Lahav N., White D.H., Chang S. — *Peptide formation in the prebiotic era: thermal condensation of glycine in fluctuating clay environment*. *Science* 201: 67-69, 1978.
39. Lahav N., White D.H. — *A possible role of fluctuating clay-water systems in the production of ordered prebiotic oligomers*. *J. Mol. Evol.* 16: 11-21, 1980.

40. White D. H., Erickson J. C. — *Catalysis of peptide bond formation by histidyl-histidine in a fluctuating clay environments*. J. Mol. Evol. 16: 279-290, 1980.
41. Ponnamperna C., Sagan C., Mariner R. — *Synthesis of ATP under possible primitive Earth conditions*. Nature 199: 222-226, 1963.
42. Odom D. G., Lahav N., Chang S. — *Prebiotic nucleotide oligomerization in a fluctuating environment: effects of kaolinite and cyanamide*. J. Mol. Evol. 12: 259-264, 1979.
43. Sawai H. — *Catalysis of internucleotide bond formation by divalent metal ions*. J. Amer. Chem. Soc. 98: 7037-7039, 1976.
44. Schwartz A. W., Orgel L. E. — *Template-directed synthesis of novel, nucleic acid-like structures*. Science 228: 585-587, 1985.
45. Inoue T., Orgel L. E. — *Oligomerization of guanosine 5'-phospho-2-methylimidazolidine on poly(C). An RNA polymerase model*. J. Mol. Biol. 162: 201-217, 1982.
46. Inoue T., Orgel L. E. — *A nonenzymatic RNA-polymerase model*. Science 219: 859-862, 1983.
47. Joyce G. F. — *Non-enzymatic template-directed synthesis of RNA copolymers*. Origins of Life 14: 613-620, 1984.
48. Fakhrai H., Van Roode J. H. G., Orgel L. E. — *Synthesis of oligoguanylates on oligocytidylate templates*. J. Mol. Evol. 17: 295-302, 1981.
49. Chen C. B., Inoue T., Orgel L. E. — *Template-directed synthesis on oligodeoxycytidylate and polidexocytidylate templates*. J. Mol. Biol. 181: 271-279, 1985.
50. Woese C. R. — *The genetic code*. Harper and Row, New York, 1967.
51. Crick F. H. C. — *The origin of the genetic code*. J. Mol. Biol. 38: 367-379, 1968.
52. Weber A. L., Caroon J. M., Warden J. T., Lemmon R. M., Calvin M. — *Simultaneous peptide and oligonucleotide formation in mixtures of amino acids, nucleoside triphosphate, imidazole and magnesium ions*. BioSystems 8: 277-286, 1977.
53. Lacey J. C., Yuki A., Fox S. W. — *Coprecipitation of thermal lysine-rich protenoids with poliribonucleotides*. BioSystems 10: 1-8, 1979.
54. Lacey J. C., Stephens D. P., Fox S. W. — *Selective formation of microparticles by homopoliribonucleotides and protenoids rich in individual amino acids*. BioSystems 11: 9-17, 1979.
55. Khaled M. A., Mullins D. W., Lacey J. C. — *Binding constant of phenylalanine for the four mononucleotides*. J. Mol. Evol. 20: 66-70, 1984.
56. White D. H., Erickson J. C. — *Enhancement of peptide bond formation by poliribonucleotides on clay surfaces in fluctuating environments*. J. Mol. Evol. 17: 19-26, 1981.
57. Weber A. L., Orgel L. E. — *Poly(U)-directed peptide-bond formation from 2'(3')-glycyl esters of adenosine derivatives*. J. Mol. Evol. 16: 1-10, 1980.
58. Weber A. L., Orgel L. E. — *The effects of poly(C) on the formation of peptide bond formation from the 2'(3')-glycyl esters of a guanosine nucleotide*. J. Mol. Evol. 17: 190-191, 1981.
59. Lacey J. C., Mullins D. W. — *Experimental studies related to the origin of the genetic code and the process of protein synthesis: a review*. Origins of Life 13: 3-41, 1983.
60. Lacey J. C., Mullins D. W., Khaled M. A. — *The case for the anticode*. Origins of Life 14: 505-511, 1984.
61. Weber A. L., Miller S. L. — *Reasons for the occurrence of the twenty coded protein amino acids*. J. Mol. Evol. 17: 273-284, 1981.
62. Wong J. T., Bronskill P. M. — *Inadequacy of prebiotic synthesis as origin of proteinaceous amino acids*. J. Mol. Evol. 13: 115-125, 1979.
63. Sołtys Z. — *Powstanie asymetrii materii żywej*. Wszechświat 86: 107-110, 1985.
64. Blair N. E., Bonner W. A. — *A model for the enantiomeric enrichment of polypeptides on the primitive Earth*. Origins of Life 11: 331-335, 1981.

65. Joyce G. F., Visser G. M., Van Boeckel C. A., Van Boom J. H., Orgel L. E., Van Westrenen J. — *Chiral selection in poly(C)-directed synthesis of oligo(G)*. Nature 310: 602-604, 1984.
66. Usher D. A., Profy A. T., Walstrum S. A., Needels M. C., Bullack S. C., Lo K. M. — *Nucleic acids, proteins and chirality*. Origins of Life 14: 621-628, 1984.
67. Friebele E., Shimoyama A., Ponnampertuma C. — *Adsorption of protein and non-protein amino acids on clay mineral: a possible role of selection in chemical evolution*. J. Mol. Evol. 16: 269-278, 1980.
68. Eigen M. — *Selforganization of matter and the evolution of biological macromolecules*. Naturwiss. 58: 465-523, 1971.
69. Eigen M., Schuster P. — *The hypercycle*. Springer, Berlin, 1979.
70. Prigogine I., Nicolis G., Babloyantz A. — *Termodynamika ewolucji*. Postępy Fizyki 26: 253-281, 1975.
71. Prigogine I. — *Nonequilibrium thermodynamics and chemical evolution: an overview*. Adv. Chem. Phys. 55: 43-61, 1984.

JÓZEF DULAK

BARBARA PŁYTICZ

Zakład Anatomii Porównawczej
UJ, Kraków

NOWOTWORY: ASPEKT FILOGENETYCZNY*

WSTĘP

W organizmie zwierząt kręgowych potencjalnie nieśmiertelne są jedynie komórki rozrodcze oraz komórki nowotworowe. Prawidłowe komórki somatyczne stopniowo różnicują się w trakcie rozwoju osobniczego i liczba ich podziałów mitotycznych jest ograniczona [1, 2]. Uczeni są zgodni, że podziały i różnicowanie się komórek somatycznych podlegają precyzyjnej kontroli różnorodnych czynników, a wyłamanie się komórki spod tego nadzoru może prowadzić do rozwoju nowotworu. W literaturze fachowej coraz częściej spotyka się opinię, że właśnie badania komórek wyzwolonych spod wpływu czynników kontrolujących doprowadzą do zrozumienia funkcjonowania komórek prawidłowych.

Większość zespołów naukowych bada nowotwory ludzkie oraz spontaniczne lub eksperymentalnie wywołane nowotwory zwierząt laboratoryjnych, głównie ssaków i ptaków. Przełomowym osiągnięciem ostatnich lat stało się odkrycie tzw. onkogenów, funkcjonujących w komórkach nowotworowych, oraz homologicznych odcinków DNA komórek prawidłowych, zwanych protoonkogenami [3-14]. Homologi protoonkogenów zwierząt stałocieplnych wykryto w genomie płazów [15], ryb [16, 17], bezkręgowców [18-20], a nawet w genomie drożdży [21-23] i archebakterii [24]. Ta filogenetyczna stabilność protoonkogenów dowodzi, że muszą one pełnić istotną funkcję w komórkach prawidłowych, prawdopodobnie na wczesnych etapach rozwojowych. Odkrycie to stało się impulsem do nasilenia badań nowotworów zwierząt „niższych”: kręgowców zmiennocieplnych i bezkręgowców. Badania tych zwierząt dowiodły również, że właśnie wśród organizmów „niższych” znajdują się dogodne modele do obserwacji poszczególnych etapów rozwoju nowotworu.

Prawidłowe zdefiniowanie różnego typu zmian chorobowych bezkręgowców i kręgowców zmiennocieplnych napotyka niejednokrotnie na znaczne trudności. Wynika to ze słabej znajomości prawidłowej struktury i funkcji tkanek i narządów wielu typów zwierząt, a co za tym idzie, z rozbieżności w interpretacji charakteru różnych guzów, cyst czy nacieków. Wiele zmian

* Praca była finansowana przez Polską Akademię Nauk w ramach problemu MR.II.6.

przypominających, na pierwszy rzut oka, nowotwory po bliższym zbadaniu okazuje się mieć inne podłoże, np. może być wynikiem infekcji bakteryjnej.

W celu ułatwienia gromadzenia informacji oraz rozstrzygania wspomnianych wątpliwości utworzony został w roku 1965 Urząd Rejestracji Nowotworów Niższych Zwierząt — RTLA (Registry of Tumors in Lower Animals) wchodzący w skład Narodowego Instytutu Raka oraz Instytutu Smithsona w Stanach Zjednoczonych. Każdy wycinek chorej tkanki trafiający do Urzędu zostaje zanalizowany przez ekspertów i opisany w corocznych raportach RTLA. Około połowa spośród 2040 preparatów nadesłanych do 1978 roku została sklasyfikowana jako nowotwory [25].

NOWOTWORY BEŻKRĘGOWCÓW

W końcu 1978 roku 601 preparatów ze zbiorów RTLA pochodziło od przedstawicieli takich typów zwierząt bezkręgowych jak *Protozoa*, *Porifera*, *Platyhelminthes*, *Acantocephala*, *Mollusca*, *Annelida*, *Arthropoda*, *Echinodermata* i *Tunicata*. Tylko 266 spośród tych próbek, a więc niespełna 45%, uznano ostatecznie za nowotwory, z czego 256 przypadków dotyczyło mięczaków a 10 stawonogów [25].

Śród mięczaków na nowotwory zapadają najczęściej małże, gdyż zwierzęta te intensywnie filtrują wodę, a konsekwencją tego zjawiska jest nie tylko pobieranie pokarmu, lecz także gromadzenie w tkankach wielu związków chemicznych, wśród których zapewne znajdują się kancerogeny, jak np. węglowodory aromatyczne, będące przyczyną nowotworów ssaków. W tkankach mięczaków znajdują się również enzymy aktywujące takie związki chemiczne, które dopiero po pewnych przeobrażeniach wywołują transformację nowotworową. Przyczyną nowotworów mięczaków mogą być również wirusy. Warto zauważyć, że badania nowotworów mięczaków mają również znaczenie praktyczne, ze względu na znaczną wartość użytkową tych zwierząt. Spożywanie ich, często na surowo, może mieć groźne konsekwencje z powodu wprowadzania do organizmów ludzkich znacznych, kumulujących się ilości kancerogenów [25-28].

Prawdopodobieństwo transformacji nowotworowej w komórkach owadów jest znacznie mniejsze niż w przypadkach innych bezkręgowców, ze względu na skomplikowany rozwój osobniczy, krótki żywot form dorosłych i ograniczony wzrost organizmu. Metamorfoza wielu owadów obejmuje przejście od wolnożyjącej formy larwalnej do nieruchomej poczwarki, z której rozwija się postać dorosła o zupełnie odmiennym trybie życia niż jej ontogenetyczne poprzedniczki. Nieco mniej skomplikowany rozwój przebiega bez etapu poczwarki. Ten typ rozwoju osobniczego nieodłącznie związany jest z represją i derepresją genów, w tym zapewne również protoonkogenów. Możemy przypuszczać, że protoonkogeny funkcjonujące we wczesnych etapach podlegają trwałej represji u form dorosłych. Niewielkie jest zatem prawdopodobieństwo przekształcenia protoonkogenu w onkogen u dojrzałego osobnika. Rzeczywiście, opisane dotychczas przypadki nowotworów owadów dotyczą tylko tkanek zarodkowych i wczesnych stadiów rozwojowych: larw i pocz-

warek. Jak dotąd, wykryto je u tych owadów, które są najczęstszym obiektem badań, a więc u muszki owocowej, *Drosophila melanogaster* [29-32] oraz u muchy domowej, *Musca domestica* [25]. Zmiany te obejmują tkankę nerwową larw, układ krwiotwórczy oraz płytki imaginalne.

W DNA muszki owocowej wykryto kilka sekwencji homologicznych do protoonkogenów ssaczych. Przypuszcza się, że jedna z tych sekwencji jest zbliżona do wspólnego przodka dwóch różnych ssaczych onkogenów [19]. *Drosophila melanogaster* jest, obok bakterii *Escherichia coli*, organizmem o najlepiej poznanym genomie. Spodziewamy się więc, że wskazanie miejsc położenia jej protoonkogenów w poszczególnych chromosomach jest kwestią najbliższych lat. Stworzy to oczywiście nowe perspektywy badawcze.

NOWOTWORY KRĘGOWCÓW ZMIENNOCIEPLNYCH

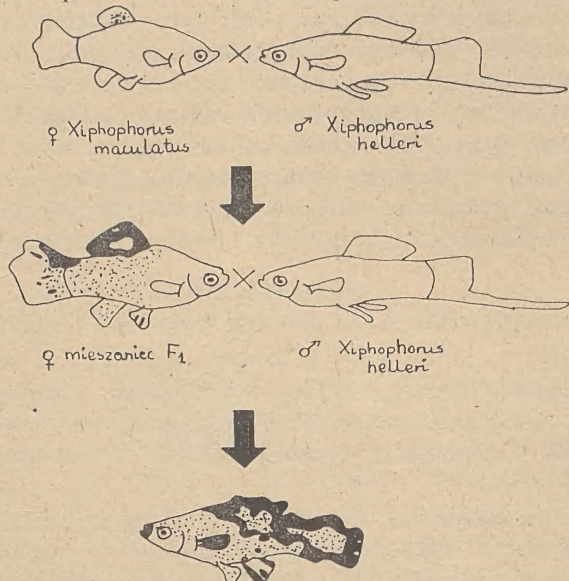
Na wspomnianej już liście RTLA z 1978 roku znajduje się 1439 przypadków zmian patologicznych w tkankach przedstawicieli wszystkich gromad kręgowców zmiennocieplnych, spośród których 761 uznano za niewątpliwe nowotwory [25] (Rys. 1).

Filogenetycznie najstarszą gromadą kręgowców są bezzuchwowce: minogi i śluzice. Dotychczas opisano dwa nowotwory u minogów, *Petromyzon marinus* i *Lampetra fluviatilis* [25, 33], oraz kilkanaście nowotworów u śluzic, *Myxine glutinosa*, pochodzących z bardzo zanieczyszczonego ściekami z zakładów przemysłowych szwedzkiego fiordu [33]. W 1972 roku 5,8% złowionych tam śluzic miało zmiany nowotworowe w wątrobie, trzustce, nerce i nabłonku, podczas gdy takie zmiany zaobserwowano u 2,8% osobników złowionych w pobliżu fiordu na otwartym morzu. Akumulacja związków kancerogennych ze ścieków przemysłowych spowodowała pojawienie się nowotworów.

Płyny tkankowe morskich ryb kostnoszkieletowych są hypotoniczne w stosunku do wody morskiej. Aby zrekompensować ucieczkę wody z płynów ustrojowych ryby te piją intensywnie wodę morską. Nadmiar soli usuwany jest przez wyspecjalizowane komórki, brak jednak enzymów neutralizujących lub komórek usuwających związki kancerogenne [33]. Mechanizm osmoregulacyjny sprawia więc, że morskie ryby kostnoszkieletowe również narażone są na akumulację kancerogenów. Rzeczywiście, większość przypadków nowotworów zwierząt „niższych” to właśnie zmiany w tkankach tych ryb (rys. 1). Trzeba jednak pamiętać, że intensywne odłowy tych ważnych dla gospodarki żywieniowej zwierząt sprzyjają wykryciu dużej liczby zmian patologicznych [25].

Doskonałym modelem do badania rozwoju nowotworów są powszechnie znane ryby akwariowe, mieczyki *Xiphophorus* sp. [16, 17, 34-39]. Już pod koniec lat dwudziestych zwrócono uwagę na spontaniczny rozwój czerniaka (melanoma) u mieszańców *X. maculatus* i *X. helleri* [16, 34, 35]. Osobniki pierwszego gatunku mają na płetwie grzbietowej zgrupowania dużych komórek barwnikowych — makromelanoforów. Tego typu komórki nie występują u *X. helleri*. W potomstwie samic *X. maculatus* i samców *X. helleri* makromelanofory występują już nie tylko w skórze płetwy grzbietowej,

lecz wraczą na inne obszary ciała i wykazują tendencję do łączenia się. Rozwija się nowotwór łagodny, który nie powoduje śmierci osobników ani nie zaburza ich płodności. U części potomstwa krzyżówki wstecznej



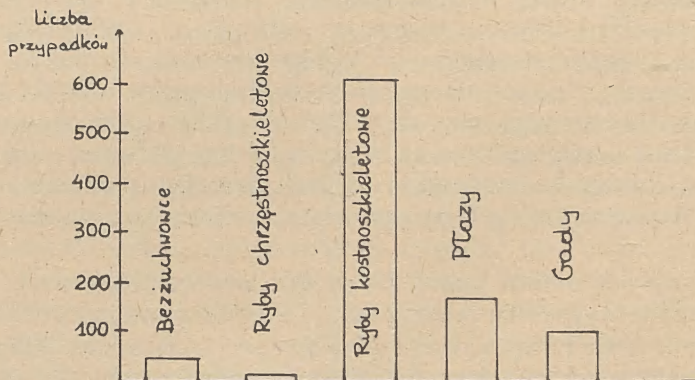
Rys. 1. Liczba przypadków nowotworów u kręgowców zmiennościplnych wg danych RTLA z roku 1980 [wg 65]

samicy mieszańcowej z samcem *X. helleri* pojawia się natomiast nowotwór złośliwy: makromelanofery wnikają do wielu narządów ryb osiągając nawet 65% masy ciała i powodują śmierć osobnika (rys. 2).

Na podstawie wyników eksperymentów genetycznych wysunięto wniosek, że za transformację nowotworową makromelanoforów odpowiedzialny jest gen nazywany *Tu* (tumor), należący do kompleksu genów warunkujących typ ubarwienia, którego ekspresja hamowana jest u *X. maculatus* przez liczne geny regulatorowe (*R*). Pozbawione makromelanoforów osobnik *X. helleri* nie mają ani genu *Tu* ani genów *R*. Mieszańce *X. maculatus* × *X. helleri* dziedziczą zatem gen *Tu* i jedynie połowę genów hamujących jego ekspresję, co prowadzi do rozwoju nowotworu łagodnego. Część potomstwa krzyżówki wstecznej dziedziczy gen *Tu* i jeszcze mniej genów regulatorowych, co wyzwała rozwój nowotworu złośliwego [16, 35, 36]. Sekwencja nukleotydów genu *Tu* nie jest jeszcze poznana, wiadomo jednak, że mieczyki mają odcinki DNA homologiczne z opkogenami ptaków i ssaków [16, 17, 36]. Udowodniono też, że występowanie czerniaka, a więc ekspresja genu *Tu*, koreluje ze zwiększoną syntezą białek kodowanych przez te onkogeny [17].

Sukcesem ostatnich lat było opanowanie hodowli *in vitro* zarodków tych żyworodnych ryb [37, 38] i wprowadzenie genów *Tu* do embryonów *X. helleri* [39]. W wyniku tej transformacji genetycznej makromelanofory pojawiły się już u zarodków tego gatunku, nie mającego ich w naturze [39]. Poznany w miarę dokładnie skład genetyczny różnych gatunków i szczepów mieczyków pozwala na planowanie i przeprowadzanie dalszych eksperymentów.

Czerniak pojawia się nie tylko u mieszańców różnych gatunków *Xiphophorus*, lecz także u potomstwa *X. maculatus* pochodzących z odległych populacji [16]. Możemy więc przypuszczać, że sprzężenie transformacji nowotworowej z tworzeniem hybrydów było jedną z przyczyn powstania barier międzygatunkowych w naturalnych populacjach mieczyków, zamieszkujących



Rys. 2. Rozwój nowotworów u mieszańców *Xiphophorus maculatus* × *X. helleri*. Opis w tekście [wg 34, 35, zmienione]

wody słodkie Ameryki Środkowej. Wiele gatunków jest endemicznych, niektóre występują razem w tych samych rzekach, jednak w naturze nie spotyka się mieszańców [16].

W przeciwieństwie do osobników czystych gatunków *Xiphophorus*, niewrażliwych na działanie kancerogenne wielu związków chemicznych, nowotwory rozwijają się dość często u mieszańców traktowanych kancerogenami. Krzyżowanie powoduje spontaniczny rozwój nowotworów również u innych ryb. Odnotowano też częste zmiany nowotworowe w narządach mieszańców owadów (*Drosophila*), ptaków, ssaków, a nawet roślin [16]. Można więc zasugerować uogólnienie, iż naruszenie naturalnego bilansu genetycznego sprzyja rozwojowi nowotworów u organizmów z wielu jednostek systematycznych.

Plaży są bardzo pospolitym obiektem badań laboratoryjnych, co w połączeniu z częstymi eksperymentami i obserwacjami terenowymi powinno sprzyjać opisywaniu dużej liczby zmian nowotworowych. Okazuje się jednak, że zarówno nowotwory rozwijające się spontanicznie, jak również indukowane kancerogenami, nie są zbyt częste w tej gromadzie kręgowców [25, 40] (rys. 1).

Rak atakujący nerki amerykańskiej żaby *Rana pipiens* (tzw. Lucké renal adenocarcinoma) jest jednym z niewielu dobrze zbadanych nowotworów płazów bezogonowych. Jest to rak pochodzenia wirusowego [41, 42]. Jego charakterystyczną cechą jest pewna cykliczność związana ze zmianami temperatury otoczenia. W okresie aktywnego życia żaby, gdy temperatura powietrza wynosi około 22-25°C, herpeswirus znajdujący się w zaatakowanych

komórkach nie replikuje się, chociaż prawdopodobnie ma miejsce synteza jego białek. Fazę tę nazywamy letnią (tzw. calid tumor). Gdy temperatura spadnie do około 5°C, a więc w okresie hibernacji żaby, rozpoczyna się replikacja wirusa, pojawiają się kompletne wiriony oraz zachodzi zupełny rozpad większości komórek nowotworowych. Fazę tę nazywamy zimową (algid tumor). Częsteczki wirusa, wydostające się ze zniszczonych komórek, zakażają na wiosnę zarodki i larwy, wnikając do ich ciała ze środowiska wodnego. Możliwa jest również pionowa (wertikalna) transmisja wirionów, czyli przekazywanie choroby z pokolenia na pokolenie. Nowotwór ujawnia się dopiero u kijanek bardziej zaawansowanych w rozwoju, zbliżających się do metamorfozy, jednak nie udało się wykazać związku między podwyższeniem poziomu tyroksyny w czasie przeobrażenia, a większą częstością pojawiania się nowotworu [43]. Najwięcej przypadków nowotworów obserwuje się u żab dojrzałych płciowo.

Przypadający w okresie zimowym rozpad komórek raka nerki może być spowodowany nie tylko charakterem wirusa, lecz także może zależeć od znacznego obniżenia temperatury ciała żaby, wpływającej na jej system immunologiczny [44]. Zmiennocieplność mogłaby być zatem jedną z przyczyn tak znacznej odporności płazów na nowotwory.

Wirus jest prawdopodobnie również przyczyną dwóch rodzajów nowotworów płatanny, *Xenopus laevis*, gdyż sugerują to udane próby przeniesienia tych zmian chorobowych przez bezkomórkowy przesącz na inne gatunki płazów bezogonowych oraz ogoniastych [45, 46]. Właściwością jednego z tych nowotworów, atakującego wątrobę, śledzionę i nerkę oraz inne narządy wewnętrzne są cykliczne regresje i nawroty. Wydaje się, że podłoże tych zmian ma charakter immunologiczny [47-50].

Ciekawy przypadek nowotworów wywołanych kancerogenami ze ścieków przemysłowych (asfaltem, toksofenem i olejami silnikowymi) opisano w jednej z populacji płaza ogoniastego, *Ambystoma tigrinum*, żyjącej w zamkniętym zbiorniku wodnym w południowym Teksasie [51]. Larwy z tej populacji nie przeobrażały się w odpowiednim czasie, a około 30-50% osobników w wieku ponad 14-17 miesięcy miało liczne zmiany w skórze, w większości o charakterze nowotworowym. Płazy z sąsiednich, czystych zbiorników przeobrażały się w typowym okresie i nie miały nowotworów. Zwierzęta z zanieczyszczonego zbiornika, przeniesione do czystej wody, przeobrażały się po 6-9 miesiącach i następowała u nich regresja nowotworów.

Regresję nowotworów obserwowano także w przypadku indukowanych chemicznie guzów u żaby *Rana pipiens* i traszki grzebieniastej, *Triturus cristatus* [52-54]. Zjawisko to badacze wiążą ze znacznymi zdolnościami płazów do regeneracji. Ciekawe byłoby zbadanie, czy cierpiące na nowotwór osobniki *A. tigrinum* ze środowiska zatrutego kancerogenami mają osłabione procesy regeneracyjne w porównaniu z przedstawicielami tego gatunku ze stanowisk czystych.

Płatanna, *Xenopus laevis*, od wielu lat jest najpopularniejszym płazim „królikiem doświadczalnym”. Należałoby więc przypuszczać, że najczęściej doniesień o nowotworach płazów pochodzić będzie z laboratoriów, w których

gatunek ten poddawany jest rozmaitym eksperymentom. Okazało się jednak, że nowotwory płatanny są niezwykle rzadkie [55, 56]. Znaczną część wyników dotyczących tego zagadnienia zgromadzono podczas wieloletnich badań na Uniwersytecie w Nottingham [55-65]. Stosowano tam dwa silnie kancerogenne związki azotowe: DMN (dimetylonitrozoamina) oraz NMU (N-metylo-N-nitrozomocznik). Pierwszy z nich wymaga aktywacji w wątrobie i dopiero po wielu przemianach oddziałuje na DNA, natomiast NMU reaguje bezpośrednio z materiałem genetycznym komórek ssaków. Już po kilku miesiącach, a nawet tygodniach, u większości myszy lub szczurów, które otrzymały jednorazowe dawki tych kancerogenów, rozwijają się różne rodzaje nowotworów [57]. Osobniki *X. laevis* reagują znacznie słabiej na te niezwykle silne kancerogeny. Zmiany wywołane działaniem DMN nie mają u płatanny charakteru nowotworowego, prawdopodobnie na skutek niezwykle szybkiej eliminacji tego związku z jej organizmu. NMU okazał się natomiast bardzo słabym czynnikiem rakotwórczym, pomimo że wywiera podobny jak u ssaków i równie drastyczny wpływ na system immunologiczny *X. laevis* [57-63]. Spośród prawie dwóch tysięcy osobników poddanych działaniu NMU w silnych dawkach, tylko u czterech (!) i to po dwóch latach od podania związku znaleziono nowotwory w nerkach i w wątrobie. Nowotwory miały ten sam charakter, jak indukowane przez NMU nowotwory ssacze, badacze wykluczają więc ich spontaniczny charakter [64, 65]. Znaczna oporność *X. laevis* na kancerogeny świadczy o istnieniu systemu neutralizującego działanie tych związków. Możliwości takiej nie można wykluczyć w przypadku innych płazów. Rozważać także należy prawdopodobieństwo sprawniejszych niż u ssaków mechanizmów naprawy uszkodzonych nici DNA.

Aktywacja onkogenów ssaków jest często związana ze zwiększoną produkcją białek, które w komórkach prawidłowych syntetyzowane są na znacznie niższym poziomie. Intensyfikacja transkrypcji jest często efektem zwielokrotnienia, czyli amplifikacji protoonkogenów, które również mogą ulegać translokacji [6, 66, 67, 68]. W komórkach płazów obserwuje się amplifikację genów, która nie pociąga jednak za sobą tak drastycznych konsekwencji [69, 70]. Płazy mają największy genom spośród kręgowców [71-76] i można przypuszczać, że naturalna amplifikacja jest związana z istnieniem mechanizmów określających prawidłowy zakres zwielokrotnienia genów, dlatego mniejsze jest prawdopodobieństwo „ucieczki” protoonkogenu spod kontroli genów regulatorów.

W DNA *X. laevis* zidentyfikowano sekwencje homologiczne ze ssaczymi onkogenami. Odcinki te występują w podwójnej liczbie, a więc istniały jeszcze przed duplikacją materiału genetycznego, która miała miejsce w czasie ewolucji rodzaju *Xenopus* [77]. Jest to jeszcze jeden dowód na archaiczność, a zarazem istotną funkcję protoonkogenów.

Stosunkowo mała liczba przypadków nowotworów u płazów może też wynikać z biologii tych zwierząt. Większość z nich przechodzi bardzo drastyczne zmiany w okresie przeobrażenia, związane z kompletną przebudową wielu narządów i często ze zmianą środowiska życia. Z pewnością zmiany te są wynikiem represji genów czynnych w okresie życia larwalnego i derepresji

loci niezbędnych dla przeżycia osobnika dorosłego. Zachodzi tu więc sytuacja podobna do proponowanej dla wyjaśnienia małej liczby przypadków nowotworów owadów. Potwierdzeniem istotnej roli metamorfozy dla przebiegu procesu nowotworzenia jest przytoczony przykład z *Ambystoma tigrinum* [51, 78]. Ciekawe byłoby zwrócenie szczególnej uwagi na przypadki nowotworów u innych płazów neotenicznych.

Gady, znacznie mniej popularne od płazów w pracowniach biologicznych, są jednak często hodowane i systematycznie obserwowane w ogrodach zoologicznych. Opisano u nich kilkadziesiąt przypadków nowotworów [79, 80]. Wiele z tych chorób zostało prawdopodobnie spowodowanych spożywaniem związków kancerogennych. Na przykład wykazano, że przyczyną śmierci hodowanego w ogrodzie zoologicznym węża, *Lampropeltis getulus*, był rak wątroby dający przerzuty do śledziony. Okazało się, że zwierzę to przez dłuższy czas odżywiało się myszami, w organizmie których wykryto kancerogenne nitrozoaminy [81].

DLACZEGO NOWOTWORY WYSTĘPUJĄ RZADKO U ZWIERZĄT „NIŻSZYCH”?

Na wstępie musimy się zastrzec, że „rzadkość” występowania nowotworów, szczególnie u bezkręgowców, może być zjawiskiem pozornym. W porównaniu ze ssakami mamy bowiem bardzo mało danych na temat prawidłowej morfologii zwierząt bezkręgowych i kręgowców zmiennocieplnych, stąd trudniej wykryć u nich ogniska nowotworowe. Następne lata mogą więc znacznie wzbogacić listę chorób nowotworowych zwierząt „niższych”. Tym niemniej, biorąc pod uwagę opinię ekspertów [25, 40], że nowotwory są rzeczywiście zjawiskiem unikalnym wśród bezkręgowców, ryb, płazów i gadów, warto się zastanowić nad przyczynami tego zjawiska.

Zacznijmy od poziomu DNA. We wszystkich badanych pod tym kątem komórkach nowotworowych stwierdzano mutacje genowe lub chromosomowe. Mogą one powstawać spontanicznie, bądź też u udziałem wirusów lub pod wpływem czynników kancerogennych. Być może substancje kancerogenne dla komórek ssaczych są mniej niebezpieczne dla zwierząt „niższych”, dzięki sprawnemu unieszkodliwianiu ich jeszcze przed dotarciem do jądra komórkowego. Zdziwiałoby, że nie opisano przypadku nowotworu u dżdżownic, będących częstym obiektem doświadczeń biologów, pomimo że zamieszkują one gleby niekiedy bardzo zanieczyszczone środkami potencjalnie kancerogennymi, np. pochodnymi ropy naftowej (Tor Larsen, Norwegia, informacja ustna). Z kolei przytoczone przykłady nowotworów mięczaków, bezżuchowców, ryb kostnoszkieletowych i płazów ogoniastych dowodzą, że bezmyślne usuwanie odpadów przemysłowych, a więc działalność człowieka, przyczynia się do rozwoju chorób nowotworowych u wielu gatunków [78].

Czynnikiem uniemożliwiającym ujawnianie się nowotworów może być bardzo krótkie życie wielu gatunków bezkręgowców. Mnóstwo gatunków bezkręgowców podlega z kolei bardzo skomplikowanemu cyklowi rozwojowemu. Przechodzenie z jednej postaci larwalnej w następną związane jest z generalną

przebudową tkanek i narządów, co może sprzyjać regresji nowotworów. Ta sama uwaga dotyczy płazów. Metamorfoza, związana ze zmianą środowiska i trybu życia, może być zgubna dla uprzednio powstałych ognisk nowotworowych. Również szokiem dla komórek potencjalnie nowotworowych u zwierząt ektotermicznych mogą być zmiany temperatury, do których świetnie adaptują się komórki prawidłowe.

Wiele gatunków bezkręgowców ma doskonałe rozwiniętą zdolność enkapsulacji czynników inwazyjnych [82, 83]. To samo może dotyczyć ognisk nowotworowych u tych zwierząt, przez co mogą one uchodzić uwadze badaczy. Niektóre bezkręgowce i płazy słyną ze zdolności do regeneracji. Ten proces również wymaga precyzyjnego usuwania niektórych komórek. Warto podkreślić, że zarówno w toku enkapsulacji jak i regeneracji i metamorfozy, bardzo precyzyjnie muszą działać komórki fagocytyjące, odróżniające komórki obcych organizmów, własne komórki uszkodzone, czy komórki charakterystyczne dla poprzedniego stadium rozwojowego. Być może tej właśnie precyzji zwierzęta „niższe” zawdzięczają sprawną eliminację komórek potencjalnie nowotworowych [84]. Bardzo skomplikowany układ immunologiczny kręgowców może przyczyniać się do zwalczania nowotworu pierwotnego lub jego przerzutów [85, 86], lecz może również działać przeciwnie, gdy limfocyty [85], przeciwciała [87], lub makrofagi [88-93] wspomagają rozrost tkanki nowotworowej.

Przeniesienie technik badania nowotworów stosowanych u ssaków na zwierzęta „niższe” nie jest zabiegiem łatwym, jednak jest prowadzone w licznych laboratoriach świata. Należy oczekiwać, że techniki *in vitro* z udziałem komórek kręgowców zmiennocieplnych i bezkręgowców rzucą nowe światło na proces nowotworowy.

LITERATURA

1. Hayflick L. — *The cell biology of human aging*. Sci. Amer. 242: 58-66, 1980.
2. Płytycz B. — *Dlaczego nie jesteśmy nieśmiertelni?* Kosmos A 30: 502-505, 1981.
3. Bishop J. M. — *Oncogenes*. Sci. Amer. 246: 68-80, 1982.
4. Bishop J. M. — *Cellular oncogenes and retroviruses*. Ann. Rev. Biochem. 52: 301-354, 1983.
5. Weinberg R. A. — *Oncogenes and the molecular biology of cancer*. J. Cell. Biol. 97: 1661-1662, 1983.
6. Weinberg R. A. — *A molecular basis of cancer*. Sci. Amer. 249: 101-117, 1983.
7. Weinberg R. A. — *Molekularna podstawa nowotworów*. Problemy 10: 45-50, 1983 (przedruk z pozycji 6, tłumaczyła A. Makarewicz).
8. Choraży M., Szala S. — *Komórkowe geny transformujące*. Post. Bioch. 29: 261-298, 1983.
9. Weiss R. A., Marshall Ch. J. — *Oncogenes*. The Lancet 1984: 1138-1142, 1984.
10. Willecke W., Schäfer R. — *Human oncogenes*. Hum. Genet. 66: 132-142, 1984.
11. Klein G., Klein E. — *Evolution of tumours and the impact of molecular oncology*. Nature 315: 190-195, 1985.
12. Knudson A. G. — *Hederitary cancer, oncogenes, and antioncogenes*. Cancer Res. 45: 1437-1443, 1985.
13. Bartnik E. — *Onkogeny*. Kosmos A 34: 113-116, 1985.

14. Choraży M. — *Udział onkogenów i niektórych czynników nowotworowych w indukcji proliferacji komórek*. Post. Biol. Kom., w druku.
15. Steele R. E. — *Two divergent cellular src genes are expressed in Xenopus laevis*. Nucleic Acid Res. 13: 1747-1761, 1985.
16. Anders F., Scharti M., Barnekow A., Anders A. — *Xiphophorus as an in vivo model for studies on normal and defective control of oncogenes*. Adv. Cancer Res. 42: 191-275, 1984.
17. Schartl M., Schmidt C.-R., Anders A., Barnekow A. — *Elevated expression of the cellular src gene in tumors of differing etiologies in Xiphophorus*. Int. J. Cancer 36: 199-207, 1985.
18. Shilo B.-Z., Weinberg R. A. — *DNA sequences homologous to vertebrate oncogenes are conserved in Drosophila melanogaster*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 78: 6789-6792, 1981.
19. Hoffman-Falk H., Einat P., Shilo B.-Z. — *Drosophila melanogaster DNA clones homologous to vertebrate oncogenes: evidence for a common ancestor to the src and abl cellular genes*. Cell 32: 589-598, 1983.
20. Madhavan K., Bilodeau-Wentworth D., Wandsworth S. C. — *Family of developmentally regulated, maternally expressed Drosophila RNA species detected by a v-myc probe*. Molec. Cell, Biol. 5: 7-16, 1985.
21. Fukui Y., Kaziro Y. — *Molecular cloning and sequence analysis of a ras gene from Schizosaccharomyces pombe*. EMBO J. 4: 687-691, 1985.
22. De Feo-Jones D., Tatchell K., Robinson L. C., Sigal I. S., Vass W. C., Lowy D. R., Scolnick E. M. — *Mammalian and yeast ras gene products: biological function and their heterologous systems*. Science 228: 179-184, 1985.
23. Wheals A. E. — *Oncogene homologues in yeast*. BioEssays 3: 108-112, 1985.
24. Perbal B., Kohiyama M. — *Sequences homologous to the v-myb oncogene in the genome of archaebacteria*. C.R. Acad. Sci. Paris, 300, ser. III: 177-180, 1985.
25. Balls M., Ruben L. N. — *Perspectives: the evolution of immune responses and cancer*. W: Handbook of Cancer Immunology. H. Waters (red.), Gerland STPM Press, New York, str. 137-185, 1980.
26. Krieg K. A. — *Ampullaris australis d'Orbigny (Mollusca, Gastropoda) as an experimental animal in oncological research. A contribution to the study of cancerogenesis in invertebrates*. Neoplasma 19: 41-49, 1972.
27. Rosenfield A. — *Recent environmental studies of neoplasma in marine shellfish*. Prog. Exp. Tumor Res. 20: 263-274, 1976.
28. Anderson R. S. — *Metabolism of an environmental carcinogen by invertebrate animals*. W: M. E. Gershwin and E. L. Cooper (red.) Animal Models of Comparative and Developmental Aspects of Immunity and Diseases. 25-26, Pergamon Press, New York, 1978.
29. King R. C., Bahns M., Horowitz R., Larramendi P. — *A mutation that affects female and male germ cells differentially in Drosophila melanogaster Meigen (Diptera: Drosophilidae)*. Int. J. Insect Morphol. Embryol. 7: 359-376, 1978.
30. Gateff E., Schneiderman H. A. — *Neoplasma in mutant and cultured wild-type tissues of Drosophila*. Natl. Canc. Inst. Monogr. 31: 365-397, 1969.
31. Gateff E. — *Neoplasms of genetic origin in Drosophila melanogaster*. W: Proceedings of the 1st International Colloquium on Invertebrate Pathology and the IXth Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology: 142-146, 1976.
32. Sang J. H. — *Biochemical basis of hereditary melanotic tumors in Drosophila*. Natl. Canc. Inst. Monogr. 31: 291-301, 1969.
33. Falkmer S., Emdin S. O., Ostberg Y., Mattison A., Johansson Sjobeck M.-L., Fänge R. — *Tumor pathology of the hagfish, Myxine glutinosa, and the river lamprey, Lampetra fluviatilis*. Prog. Exp. Tumor Res. 20: 217-250, 1976.
34. Anders F. — *Tumour formation in platyfish-swordtail hybrids as a problem of gene regulation*. Experimentia 23: 1-10, 1967.

35. Vielkind J., Vielkind U. — *Melanoma formation in fish of the genus Xiphophorus: a genetically-based disorder in the determination and differentiation of a specific pigment cell.* Can. J. Genet. Cytol. 26: 607-614, 1984.
36. Vielkind J. R., Dippel E. — *Oncogene-related sequences in xiphophorin fish prone to hereditary melanoma formation.* Can. J. Genet. Cytol. 26: 607-614, 1984.
37. Vielkind U., Vielkind J. — *Culture of embryos from viviparous fishes of the genus Xiphophorus.* J. Tissue Culture Methods 8: 73-78, 1983.
38. Vielkind U., Vielkind J. R. — *Culture of embryos and cells from platyfish and sword-tails for carcinogenicity testing and studies on melanoma formation.* Natl. Cancer Inst. Monogr. 65: 179-183, 1984.
39. Vielkind J., Haas-Andela H., Vielkind U., Anders F. — *The induction of a specific pigment cell type by total genomic DNA injected into the neural crest region of fish embryos of the genus Xiphophorus.* Mol. Gen. Genet. 185: 379-389, 1982.
40. Balls M., Clothier R. H., Knowles K. R. — *The phylogeny of tumor immunity.* Dev. Comp. Immunol. 5, Suppl. 1: 37-48, 1981.
41. Anver M. R., Pond C. L. — *Biology and diseases of amphibians.* W: J. G. Fox, B. J. Cohen, F. M. Loew (red.), *Laboratory Animal Medicine*, 427-448, Academic Press, Orlando, 1984.
42. Rollins-Smith L. A., Cohen N. — *Effect of thymectomy on development of Lucké renal adenocarcinomas in virus-infected leopard frog tadpoles.* J. Natl. Canc. Inst. 68: 133-138.
43. Rollins-Smith L. A., Cohen N. — *Effect of thyroxin on induction of Lucké renal adenocarcinomas in Lucké tumor herpesvirus-infected leopard frog tadpoles.* J. Natl. Cancer Inst. 73: 717-720, 1984.
44. Płytycz B., Bigaj J. — *Amphibian lymphoid organs: a review.* Folia Biol. (Kraków) 31: 225-240, 1983.
45. Ruben L. N., Balls M. — *Further studies of a transmissible amphibian lymphosarcoma.* Cancer Res. 27: 293-296, 1967.
46. Ruben L. N., Balls M., Stevens J., Rafferty N. S. — *A new transmissible disease in the South African clawed toad, Xenopus laevis.* Oncology 23: 228-237, 1969.
47. Ruben L. N. — *Lymphoreticular disorders and responses in Xenopus laevis the South African clawed toad.* W: R. M. Dutcher (ed.), *Fourth Internat. Symp. on Comparative Leukemia Research.* 1969, Bibl. Haemat. 638-639, 1970.
48. Ruben L. N. — *Immunological maturation and lymphoreticular cancer transformation in larval Xenopus laevis, the South African clawed toad.* Develop. Biol. 22: 43-58, 1970.
49. Ruben L. N., Stevens J. — *A comparison between granulomatosis and lymphoreticular neoplasia in Diemictylus viridescens and Xenopus laevis.* Cancer Res. 30: 2613-2619, 1970.
50. Ruben L. N., Stevens J. — *Lymphoreticular neoplasia and immunity in Amphibia.* Amer. Zool. 11: 229-237, 1971.
51. Rose F. L., Harshbarger J. C. — *Neoplasia and possibly related skin lesion in neotenic tiger salamanders, Ambystoma tigrinum, from a sewage lagoon.* Science 196: 313-34, 1977.
52. Outzen H. G., Custer R. P., Prehn R. T. — *Influence of regenerative capacity and innervation on oncogenesis in the adult frog (Rana pipiens).* J. Natl. Canc. Inst. 57: 79-84, 1976.
53. Outzen H. C., Custer R. P. — *Differentiation of a methylcholanthrene-induced sarcoma to a benign plexiform fibroneural tumor in an adult frog (Rana pipiens).* Amer. J. Pathol. 85: 183-194, 1976.
54. Seilern-Aspang F., Krotowchwil K. — *Induction and differentiation of an epithelial tumor in the newt, Triturus cristatus.* J. Embryol. Exp. Morphol. 10: 337-356, 1962.
55. Clothier R. H. — *Chemical carcinogenesis in amphibians.* Proc. First Internat. Colloq. Pathol. Reptiles and Amphibians. C. Vago and G. Matz (red.), 185-186, Angers, 1982.
56. Balls M., Clothier R. H. — *The significance of amphibian neoplasms: unresolved conflicts*

- of emphasis. Proc. First Internat. Colloq. Pathol. Reptiles and Amphibians. C. Vago and G. Matz (red.), 138-139, Angers, 1982.
57. Hodgson R. M., Clothier R. H., Balls M. — *Effects of carinogens N-methyl-N-nitrosourea and N-dimethylnitrosoamine on spleen cell antigen binding in Xenopus laevis*. Devel. Comp. Immunol. 4: 473-482, 1980.
 58. James H. S., Knowles K. R., Clothier R. H., Groves C. J., Balls M. — *Effects of early thymectomy on exposure to N-methyl-N-nitrosourea on immune responses in Xenopus laevis*. Proc. First Internat. Colloq. Pathol. Reptiles and Amphibians. C. Vago and G. Matz (red.), 157-162, Angers, 1982.
 59. Clothier R. H., Knowles K. R., James H. S., Whittle D. J., Balls M. — *The pathological effects of N-methyl-N-nitrosourea in Xenopus laevis*. Proc. First Internat. Colloq. Pathol. Amphibians and Reptiles. C. Vago and G. Matz (red.), 147-156, Angers, 1982.
 60. Clothier R. H., Balls M., Hodgson R. M., Horn J. N. — *Effects of N-methyl-N-nitrosourea on the lymphoid tissue and skin allograft response of Xenopus laevis*. Devel. Comp. Immunol. 4: 265-272, 1980.
 61. Balls M., Clothier R. H., Hodgson R. M., Berridge D. — *Effects of N-methyl-N-nitrosourea and cyclosporine A on the lymphocytes and immune responses of Xenopus laevis and other amphibians*. W: J. D. Horton (red.), *Development and Differentiation of Vertebrate Lymphocytes*, 183-194, Elsevier North-Holland, Amsterdam, 1980.
 62. Balls M., Clothier R. H., Foster N. J., Knowles K. R. — *Skin allograft and xenograft responses in NMU-treated Xenopus laevis*. W: J. B. Solomon (red.), *Aspects of Developmental and Comparative Immunology*, 499-500, Pergamon Press, 1980.
 63. Clothier R. H., Foster N. J., Knowles K. R., Balls M. — *Restoration of allograft responses in NMU-treated Xenopus laevis by protected thymus autografts*. W: J. B. Solomon (red.), *Aspects of Developmental and Comparative Immunology*, 501-502, Pergamon Press, 1980.
 64. Knowles K. R., Clothier R. H., Balls M. — *Lesion induced in Xenopus laevis by exposure to N-dimethylnitrosoamine*. Proc. First Internat. Colloq. Pathol. Reptiles and Amphibians. C. Vago and G. Matz (red.), 141-145, Angers, 1982.
 65. Balls M., Clothier R. H., Knowles K. R. — *Tumor incidence in NMU-treated Xenopus laevis*. Proc. First Internat. Colloq. Pathol. Reptiles and Amphibians. C. Vago and G. Matz (red.), 163-172, Angers, 1982.
 66. Nowell P. C., Emanuel B. S., Finan J. B., Erikson J., Croce C. M. — *Chromosome rearrangements in oncogenesis*. Microbiol. Sci. 1: 223-228, 1984.
 67. Alitalo K. — *Amplification of cellular oncogenes in cancer cells*. Med. Biol. 62: 304-317, 1984.
 68. Croce C. M., Klein G. — *Chromosome translocations and human cancer*. Sci. Amer. 252: 54-60, 1985.
 69. Gajewski W. — *Genetyka ogólna i molekularna*. PWN, Warszawa, 1980.
 70. Miller O. L. Jr — *The nucleolic chromosomes and visualization of genetic activity*. J. Cell. Biol. 91: 15-27, 1981.
 71. Szarski H. — *Zagadnienia rozmiarów komórek zwierząt kręgowych*. Post. Biol. Kom. 1: 311-344, 1974.
 72. Szarski H. — *Cell size and nuclear DNA amount in vertebrates*. Int. Rev. Cytol. 44: 93-111, 1976.
 73. Szarski H. — *Cell size and the concept of wasteful and frugal evolutionary strategies*. J. Theor. Biol. 105: 201-209, 1983.
 74. Szarski H. — *Ewolucja rozrzućna i oszczędna*. Prz. Zool. 28: 159-167, 1984.
 75. Szarski H. — *The evolution of DNA nuclear content and the cell size in vertebrates*. W: *Morfologiczneskije isljedowanija żywotnych*. Akademia Nauk ZSRR, 248-276, 1985.
 76. Orgel L. E., Crick F. H. C. — *Selfish DNA: the ultimate parasite*. Nature 284: 604-607, 1980.

77. Szarski H. — *Osobliwości w faunie płazów Afryki*. Wszechświat, 159-160, 1982.
78. Beardsley T. — *Tiger salamanders perpetuated*. Nature 313: 522, 1985.
79. Jacobson E. R. — *Biology and diseases of reptiles*. W: J. G. Fox, B. J. Cohen, F. M. Loew (red.), *Laboratory animal medicine*, 449-476, Academic Press, Orlando, 1984.
80. Elkan E., Cooper J. E. — *Tumours and pseudotumours in some reptiles*. J. Comp. Pathol. 86: 337-348, 1976.
81. Majeed S., Cooper J. E., Abbott D. — *A malignant liver cell tumor in a king snake (Lampropeltis getulus)*. J. Comp. Pathol. 95: 127-129, 1985.
82. Płytycz B., Książkiewicz M. — *Ewolucja odporności*. Post. Biol. Kom. 9: 421-446, 1982.
83. Książkiewicz M., Płytycz B. — *Reakcje obronne stawonogów*. Prz. Zool. 26: 55-67, 1982.
84. Fidler I. J. — *Macrophages and metastasis — a biological approach to cancer therapy: presidential address*. Cancer Res. 45: 4714-4726, 1985.
85. Nicolson G. L. — *Cancer metastasis*. Sci. Amer. 240: 50-60, 1976.
86. Brodt P. — *Tumor immunology — three decades in review*. Ann. Rev. Microbiol. 37: 447-475, 1983.
87. Old L. J. — *Cancer immunology*. Sci. Amer. 236: 62-79, 1977.
88. Evans R. — *Tumor macrophages in host immunity to malignancies*. W: M. A. Fink (red.), *The macrophages and neoplasia*, 27-42, New York Acad. Press, New York, 1976.
89. Evans R. — *Host cells in transplanted murine tumors and their possible relevance to tumor growth*. J. Reticuloendothel. Soc. 26: 427-437, 1979.
90. Kadhim S. A., Rees R. C. — *Enhancement of tumor growth in mice: evidence for the involvement of host macrophages*. Cell. Immunol. 87: 259-269, 1984.
91. Płytycz B., Espelid S., Bogwald J., Seljelid R. — *In vitro interactions of murine sarcoma cells and semisyngeneic peritoneal macrophages*. Studies on glass and collagen substrata. (w druku).
92. Płytycz B., Pedersen A., Bogwald J., Seljelid R. — *In vitro interactions of murine peritoneal macrophages and sarcoma cells. I. Promotion of tumor cell proliferation by macrophages*. Virchows Archiv B 50: 285-292, 1986.
93. Płytycz B., Espelid S., Gauperaa T., Eskeland T., Seljelid R. — *In vitro interactions of murine macrophages and sarcoma cells. II. Induction of DNA synthesis in macrophages*. Virchows Archiv B 50: 293-297, 1986.

MARIA ADAMSKA

ROMAN GONDKO

Uniwersytet Łódzki

Łódź

BIAŁKA ODDECHOWE BEZKRĘGOWCÓW

Ewolucja biologiczna, poczynając od prostych związków nieorganicznych do człowieka, przebiegała stopniowo. W następstwie czasowym jej kluczowymi etapami były: ewolucja chemiczna, abiotyczna synteza związków organicznych, autonomizacja układów, rozwój układów samoodtworzających, pojawienie się *Prokaryota* i *Eukaryota*. Wyższy stopień organizacji materii był następstwem konkurencji, selekcji, mutacji i dryftu genetycznego. W ostateczności doprowadziło to do powstania życia i różnorodnych jego form (Szarski 1976). Rozwój życia na ziemi obejmuje okres ponad 3 miliardów lat, a 600 milionów lat poczynając od eobiontów, licząc od końca prekambriu (Kunicki-Goldfinger 1974). Mając miejsce w tym okresie ewolucja biologiczna była (i jest) procesem wielce złożonym, której w pierwszym rzędzie towarzyszył wzrost zasobu informacji genetycznej. Każdorazowe podwyższenie stopnia organizacji życia było przede wszystkim wynikiem doboru naturalnego. Zachodzący w procesie ewolucji wzrost stopnia uorganizowania materii wymagał określonego wydatku energii. To właśnie, przestawienie pierwotnej przemiany anaerobowej na metabolizm tlenowy, zapewniło organizmom zwiększone ilości energii. Zdarzenie takie mogło mieć miejsce dopiero wówczas, kiedy w atmosferze ziemskiej pojawił się nawet w niewielkiej ilości tlen. Przy tym pierwotnie obecny w atmosferze tlen spełniał dla życia ochronne działanie przed niszczącym promieniowaniem UV. Ocenia się, że początkowa ilość tlenu w atmosferze wynosiła zaledwie 0,001 jego obecnej ilości (Rutten 1966).

Ówczesne oddychanie tlenowe napewno było energetycznie mniej wydajne niż dziś, ale efektywniejsze od pierwotnego procesu fermentacji. Pewnie organizmy wykorzystywały oba rodzaje oddychania, tak jak to obecnie czyni wiele bakterii. W tym zakresie bezwzględne tlenowce wydają się być ostatnim szczeblem ewolucji. W obecności tlenu, ze zredukowanego związku jakim jest glukoza uzyskujemy 18 razy więcej energii niż w warunkach beztlenowych (36 ATP : 2 ATP).

Wspomniany wzrost stopnia organizacji życia, obejmujący zmiany strukturalne jak i funkcjonalne, miał podłoże molekularne. Dlatego też wyjaśnienia zmian ewolucyjnych należy szukać przede wszystkim na poziomie podstawowym, tj. na poziomie molekularnym (Szweykowski 1985). Jednym z przykładów takich zmian są białka oddechowe.

Dostarczanie tlenu drogą dyfuzji (oddychanie bezpośrednie), dla większych

organizmów ze względu na powolne jej tempo, jest niewystarczające. W celu zapewnienia organizmom niezbędnej ilości tlenu, u zwierząt rozwinęły się określone mechanizmy. Jednym z tych mechanizmów jest układ krwionośny, który wyeliminował ograniczenie wynikające z reguł prostej dyfuzji. W nieobecności układu naczyniowego prosta dyfuzja limitowałaby rozmiar zwierząt do wielkości około 1 mm (Wells 1980).

Inną formą adaptacyjną zapewniającą zwierzętom tlen jest symbioza wewnątrzkomórkowa. Zoochlorelle i zooksantelle podczas dnia w trakcie fotosyntezy wytwarzają tlen, który zużytkowuje drugi z symbiontów. Niektóre pierwotniaki (ameby, słonecznice, promienice wymoczki), jamochłony (ukwiały, meduzy), wirki, a nawet mięczaki współistnieją symbiotycznie z zielonymi glonami jednokomórkowymi.

Zooksantelle także żyją w symbiozie z dużymi zwierzętami, jakimi są np. mięczak *Tridacna* sp. (1 m) czy *Hippopus maculatus* (25 cm). Zdarzają się przypadki współżycia wyższych roślin z mięczakami (*Donax julianae*).

Niemniej ważnym mechanizmem adaptacyjnym było pojawienie się białek oddechowych, tzn. białek przenoszących tlen. Za ich pomocą ominięte zostało ograniczenie fizyczne jakim jest mała rozpuszczalność tlenu w wodzie. W zależności od warunków (temperatury i zasolenia) w 1 l wody rozpuszcza się około 5 ml tlenu. Tymczasem 1 litr krwi ludzkiej niesie ok. 250 ml tlenu. Różnica jest więc 50-krotna. Tą zwiększoną rozpuszczalność tlenu we krwi umożliwia białko oddechowe jakim jest hemoglobina (Stryer 1981).

Tabela 1

Ogólne właściwości białek oddechowych (Wood 1978)

Białko oddechowe	Miejsce wiązania tlenu	Wiązanie tlenu	Masa cząsteczkowa na O ₂
Hemoglobina (Hb)	protoporfiryna IX-Fe(II)	Fe:O ₂	17000
Mioglobina (Mb)	protoporfiryna IX-Fe(II)	Fe:O ₂	
Erytrokruoryna (Er)	protoporfiryna IX-Fe(II)	Fe:O ₂	17000?
Chlorokruoryna (Chl)	chlorohem	Fe:O ₂	17000?
Hemoerytryna (He)	Fe(II)	2Fe:O ₂	13500
Miohemoerytryna (MHe)	Fe(II)	2Fe:O ₂	13500
Hemocyanina (Hc)	Cu(II)	2Cu:O ₂	50000
			mięczaki 75000 stawonogi

Białka oddechowe obejmują związki nader różnorodne, tak pod względem chemicznym jak i biologicznym. Ich wspólną cechą wyróżniającą z biologicznego punktu widzenia jest zdolność do odwracalnego wiązania tlenu. Ogólną charakterystykę tych białek przedstawiono w tabeli 1.

Z wymienionych białek w hemoerytrynach — żelazo, a w hemocyjaninach — miedź są bezpośrednio połączone z białkiem. W pozostałych zdolność wiązania tlenu uzależnia obecność grupy prostetycznej — hemu (chlorhemu). Grupa ta lub metal sprawiają, że białka mają czerwoną, niebieską lub zieloną barwę. Dlatego nazywamy je również „barwnikami oddechowymi”.

Pod względem strukturalnym i funkcjonalnym najlepiej poznanymi białkami oddechowymi są hemoproteiny kręgowców. U strunowców jedynym białkiem oddechowym obecnym we krwi jest hemoglobina, w a mięśniach — mioglobina. Wszystkie kręgowce mają hemoglobinę zagęszczoną i zamkniętą w jądrzastych lub bezjądrzastych erytrocytach.

Tylko lancetnik (*Amphioxus*), forma larwalna minoga oraz niektóre gatunki ryb antarktycznych z rodziny *Chaenichthyidae* nie mają we krwi erytrocytów ani też hemoglobiny (Aljakrinskaja 1979).

Wymienione w tabeli 1 białka (poza hemo- i mioglobina) występują tylko u bezkręgowców. Spotykamy je w płynach ciała (celoma), w hemolimfie lub we krwi. Wiele bezkręgowców nie ma we krwi (hemolimfie) barwnika lub też nie ma układu naczyniowego i oddechowego, a znajduje się barwnik w ich tkance mięśniowej czy nerwowej. Białka te mogą też być zlokalizowane w innych tkankach, których zapotrzebowanie na tlen jest bardzo duże. W takich przypadkach w tkance zawsze występuje hemoproteina. Stąd ich ogólna nazwa — „hemoglobiny tkankowe”. Białka oddechowe układu naczyniowego i białka oddechowe tkanek to wyraźnie różne grupy (Gondko, Adamska 1986).

Nazwą „erytrokruoryna” obdarzono czerwony barwnik krwi bezkręgowców. Hemoglobiny i erytrokruoryny w zasadzie różnią się tylko wielkością. Z tego powodu proponuje się stosowanie nazw tych zamiennie, a raczej używanie tylko jednej, tj. „hemoglobiny”.

O ile w mięśniach bezkręgowców występuje zawsze mioglobina (hemoproteina), to współtowarzyszące jej barwniki krwi (hemolimfy) są różne. Spotykano następujące pary: mioglobina-hemoglobina (niektóre pierścienice i brzuchonogi), mioglobina-hemocyjanina (niektóre mięczaki i skorupiaki), mioglobina-chlorokroryna (*Potamilla reniformis* — wieloszczet), czy miohemoerytryna-hemoerytryna (sikwiaki).

Wśród bezkręgowców najbardziej rozpowszechnionymi białkami oddechowymi są hemoglobiny i hemocyjaniny. Przy tym hemoglobina bywa zagęszczona w erytrocytach lub rozpuszczona w tkance. Dlatego hemoglobiny dzielimy na komórkowe (intracellularne) i pozakomórkowe (extracellularne). Natomiast hemocyjanina jest zawsze rozpuszczona w płynnej tkance.

Budowa przestrzenna tetramerycznych hemoprotein kręgowców (łańcuchów) i mioglobin jest prawie identyczna, jak to ustalił Kendrew i Perutz (Leyko, Buczek 1960). Bardziej złożoną budowę białek oddechowych i zróżnicowanie w ich występowaniu spotykamy u bezkręgowców.

W kolejności: pierwotniaki (*Protozoa*), gąbki (*Spongia*), jamochłony (*Coelenterata*), mszywioly (*Bryozoa*), ramienionogi (*Brachiopoda*), szkarłupnie (*Echinodermata*) nie mają białek oddechowych. Zwierzęta te charakteryzuje niski metabolizm, małe rozmiary ciała, a w miejscach ich bytowania spotykamy

korzystne dla nich stężenia tlenu. W nielicznych przypadkach wśród pierwotniaków i szkarłupni spotykamy zwierzęta mające hemoglobinę (np. *Paramecium caudatum*, *Cucumaria minia*). Pozostałe typy świata zwierzęcego mają różnorodne białka oddechowe. Jednakże i tu spotykamy wyjątki od tej zasady. Nie mają hemoglobiny, bądź innych białek oddechowych, niektórzy przedstawiciele robaków, mięczaków, stawonogów i strunowców.

Spotykamy też ciekawe zjawisko okresowej obecności barwnika oddechowego. W zależności od warunków ekologicznych, a w szczególności stopnia natlenienia wody, np. u *Daphnia magna*, *Caenestheria*, *Artemia salina* zmianie ulega stężenie barwnika oddechowego.

Wśród bezkręgowców zdarzają się też gatunki, u których występują równocześnie dwa, a nawet trzy różne białka oddechowe. Przy tym, białka te obecne u jednego osobnika mają odmienne właściwości. Znamy wiele rzędów wieloszczetów, których przedstawiciele mają jedną hemoglobinę rozpuszczoną we krwi, a druga (różna) występuje w erytrocytach celomy. U *Travisia pupa* naliczono trzy różne hemoglobiny. Dwie z nich są obecne we krwi i celomie, a trzecia w mięśniach ścian ciała. Różnią się one masą, ruchliwością elektroforetyczną i powinowactwem tlenowym. W przypadku hemoglobiny naczyniowej i hemoglobiny celomy wieloszczeta *Nephthys hombergii*, wraz ze zmianą pH środowiska obserwowano odmienne ich powinowactwo tlenowe. Hemoerytryny sikwiaka *Dendrostomum zostericola* z celomy i naczyń różnią się ruchliwością elektroforetyczną.

Tylko u dwóch rodzin — *Sabellidae* i *Serpulidae* — występuje zielona chlorokruoryna. Wśród hemoprotein, chlorokruoryna wyróżnia się odmienną grupą prostetyczną (chlorhem). Jedyna różnica między chlorhemem, a hemem polega na obecności w układzie porfirynowym w pozycji 2 grupy formylowej zamiast winylowej. Być może białko to stanowi wariant hemoglobiny.

We krwi wieloszczetów *Serpula vermicularis* i *S. Lobiancoi* rozpuszczone są dwa różne pod względem chemicznym barwniki. Wśród zwierząt wymienieni przedstawiciele, jako jedyni, mają we krwi zarówno hemoglobinę jak i chlorokruorynę. Przy tym u młodych osobników przeważa ilościowo hemoglobina, u starszych chlorokruoryna.

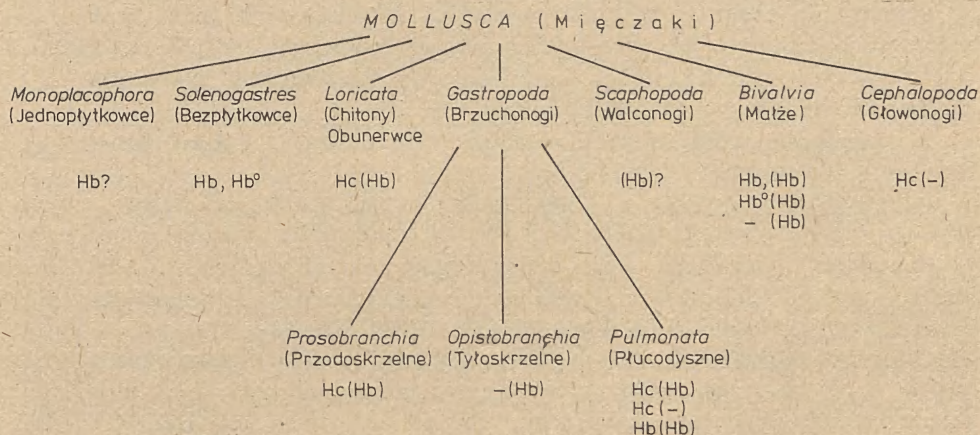
Jak wiemy najbardziej rozpowszechnionymi białkami oddechowymi wśród bezkręgowców są hemoglobiny i hemocyjaniny. Nie znajdziemy jednak żadnej reguły w ich rozmieszczeniu, uwzględniając położenie systematyczne zwierząt. Takiej reguły brak nawet w przypadku mniejszych taksonów, a przykładem tego mogą być mięczaki z gromady *Gastropoda* (rys. 1).

Również nie stwierdzono żadnej reguły, obecności określonego barwnika, uwzględniając tryb życia czy środowisko. Zwierzęta lądowe, podobnie jak i wodne, mogą mieć we krwi (hemolimfie) bądź hemoglobinę bądź hemocyjaninę. Dotyczy to robaków, mięczaków, pajaków czy też skorpionów. Jest niezrozumiałe dlaczego w hemolimfie słodkowodnego ślimaka *Planorbis corneus* występuje hemoglobina, a przedstawiciel tego samego rzędu żyjący razem z nim *Limnaea stagnalis*, czy *Basammatophora* ma hemocyjaninę. Podobnie mięczak *Solen legumen* i *Pectunculus glycymeris* ma w hemolimfie hemoglobinę, a *S. enesis* i *P. bimaculatus* jej nie mają. Trudno wyjaśnić dlaczego u przedstawi-

cieli *Serpulidae* z rzędu *Spirorbis*: *S. corrugatus* ma we krwi hemoglobinę, a *S. boralis* ma chlorokruorinę, gdy tymczasem *S. militaris* nie ma żadnego barwnika. W wodach słodkich spotykamy zwierzęta mające hemoglobinę, jak *Planorbis corneus* (*Mollusca*) i *Hirudo medicinalis* (*Annelida*), obok *Viviparus viviparus*, *Limnaea stagnalis*, *L. palustris* mających hemocyjaninę, czy też gatunki bez barwnika (*Anodonta* i *Unio*).

Istnieje duże zróżnicowanie białek oddechowych bezkręgowców także pod względem budowy. I tak hemoglobina pierwotniaków jest monomerem o masie 16000 i w sekwencji ma wiele wspólnych aminokwasów z hemoglobinami kręgowców (Irżak 1975).

U nicieni (*Ascaris lumbricoides*) mamy hemoglobiny multimeryczne o m.c. 328000, zbudowane z 8 podjednostek. Każda z podjednostek z pojedynczą



Rys. 1. Rozmieszczenie białek oddechowych u *Mollusca*. Hb — hemoglobina w roztworze, Hb° — hemoglobina w erytrocytach, (Hb) — hemoglobina tkankowa, — — brak białka w hemolimfie, Hc — hemocyjanina, (—) — brak hemoglobiny tkankowej

grupą hemową ma masę ok. 40600. Niepodobna do innych barwników mięśniowych jest mioglobina worka skórno-mięśniowego glisty, mająca masę 37000.

Jedną z większych hemoglobin stwierdzono u pierścienic. Ekstracellarna hemoglobina dżdżownicy ma masę 4000000 i w jej skład wchodzi 6 różnej wielkości łańcuchów polipeptydowych (12000-36000). Jeden z tych łańcuchów (A III) zbudowany jest z 157 aminokwasów o ustalonej sekwencji (Garlick, Riggs 1982). Obok gigantycznych ekstracellularnych hemoglobin spotykamy u pierścienic mniejsze intracellulärne hemoglobiny. Niektóre z nich są monomerami o masie 17000. Inne istnieją w formie dimerów czy tetramerów. Zaskakujący jest fakt hamowania powinowactwa tlenowego hemoglobin pierścienic przez ATP — allosteryczny efektor hemoglobin kręgowców.

Niektóre *Bivalvia* mają małe, komórkowe, oligomeryczne hemoglobiny, a niektóre *Gastropoda* duże hemoglobiny ekstracellulärne.

Największą z dotychczas znanych hemoglobin (12×10^6) wykryto u małża *Cardita boricallis*. O dziwo, białko to nie reaguje na zmianę pH środowiska zmianą powinowactwa tlenowego, a jego podjednostki są łańcuchami poli-

peptydowymi o masie 200 000. Z drugiej strony przedstawiciele rodziny *Areidae* mają zarówno dimeryczne jak i tetrameryczne hemoglobiny o masach, odpowiednio, 34 000 i 68 000.

Występowanie hemoglobin u stawonogów jest sporadyczne i ograniczone głównie do skorupiaków (*Cladocera*) i kilku owadów. U skrzelodysznych mamy rozróżnialne właściwości hemoglobin członowców i pancierzowców. U *Artemia salina* obecne są trzy, genetycznie różne hemoglobiny ekstracelluluarne (Hb I, Hb II, Hb III), których stosunek zmienia się w zależności od warunków hipoksji. Mają one zbliżone masy cząsteczkowe (240 000).

Hemoglobiny członowców (*Notostraca*, *Cladocera*, *Conchostraca*) mają duże masy cząsteczkowe (220 000-798 000) i zmienną liczbę łańcuchów. Hemoglobina *Daphni* mając masę cząsteczkową 420-670 000, zbudowana jest z 20 podjednostek (Irżak 1975, Wood 1978).

Dużymi białkami są też erytrokruoryny szczetnic. Ich masa waha się w granicach $2,8-3,5 \times 10^6$, z minimalną masą wynoszącą 35 000. W przypadku erytrokruoryn, sole wywierają na powinowactwo tlenowe efekt odwrotny niż ma to miejsce w przypadku hemoglobin.

U szkarłupni przedstawiciele gromady *Holothurioidea* mają hemoglobinę tkankową (*Cucumaria miniata*).

U mięczaków (*Gastropoda* i *Cephalopoda*) dominuje niebieska hemocyjanina w skład której wchodzi różnej wielkości składniki (130, 100, 60, 20 i 14 S). U *Gastropoda* spotykamy dwie formy hemocyjaniny, tzw. α i β . W 1 M NaCl o pH 5,7 składnik α dysocjuje na podjednostki natomiast składnik β nie dysocjuje (Gondko, Alikhan, Leyko 1976). Hemocyjanina jest również dominującym barwnikiem oddechowym u stawonogów. U wspomnianego typu, białka te są znacznie mniejsze niż hemocyjaniny mięczaków, i mogą się składać z następujących składników: 57, 35, 24, 16 i 5 S. Hemocyjaniny stawonogów występują *in vivo* w formie heksamerów lub multiheksamerów (podjednostki o masie 75 000). Tymczasem hemocyjaniny mięczaków są cylindrycznymi oligomerami, których podjednostka ma masę 400 000. Najmniejsza podjednostka funkcjonalna hemocjanin zawiera dwa atomy miedzi, wiąże cząsteczkę tlenu i różni się masą (tab. 1).

Występowanie hemoerytryn ograniczone jest do niewielkiej liczby zwierząt (*Sipunculoidea*, *Priapulida* i *Brachiopoda*). Są to najprostsze białka oddechowe. Najmniejsza podjednostka, o masie 13 500, zawiera dwa atomy żelaza i agreguje najczęściej do oktameru. U *Phascolosoma lurco* (*Sipunculoidea*) znaleziono, niespotykaną wśród białek oddechowych, formę trimeryczną hemoerytryn.

W mięśniach *Thermiste pyroides* wykryto monomeryczną miohemoerytrynę, natomiast ich hemoerytryna w erytrocytach jest oktamerem (Aljakrinskaja 1979).

Nasuwa się pytanie o kolejność i czas pojawienia się określonych białek oddechowych. Dla uzyskania wyczerpującej odpowiedzi na tak sformułowane pytanie, należałoby znać oddzielnie okres i warunki powstawania każdej grupy zwierząt. Obecność tego czy innego barwnika tłumaczy się warunkami ekologicznymi istniejącymi w dalekiej przeszłości, w okresie ewoluowania danej grupy zwierząt. W wyjaśnieniu tym wielce pomocna może być paleonto-

logia. Historia geologiczna wielu bezkręgowców nie jest dostatecznie znana, a szczególnie form bezszkieletowych czy pozbawionych pokryw (pancerzy). Z tych powodów określenie dokładnego czasu pojawienia się tych zwierząt jest bardzo trudne.

Dla barwników oddechowych, podobnie jak w przypadku innych białek, konstruuje się drzewa filogenetyczne opierając się na liczbie różnic w ich sekwencji aminokwasowej.

Skonstruowanie drzewa filogenetycznego jest możliwe tylko dla hemoglobin, bowiem w większości przypadków znana jest ich sekwencja. I tak z porównań wynika, że sekwencje łańcuchów β HbA człowieka i A III hemoglobiny *Lumbricus terrestris* są w 17% homologiczne. To duże podobieństwo w sekwencji wymienionych hemoglobin, tak przecież odległych od siebie grup, sugeruje istnienie hemoglobinowego ancestralnego przodka (Garlick, Riggs 1982).

Nieznajomość natomiast budowy I-rzędowej którejkolwiek z hemocyjanin nie pozwala jeszcze na dokonanie podobnej analizy.

Na temat kolejności pojawiania się barwników oddechowych ukształtowały się dwa poglądy. Jeden z nich głosi, iż najstarszym białkiem oddechowym jest hemoglobina występująca u pierwotniaków i u kręgowców. Następną w kolejności miałyby być hemoerytryna, dalej hemocyjanina, a najmłodszym białkiem chlorokruoryna.

Z drugiej strony uważa się, że hemoglobiny współczesnych mięczaków zastąpiły hemocyjaniny, a być może proces ten ma miejsce także współcześnie. Hemocyjanina pojawić się miała w kambrze tak u mięczaków, jak i u *Merostomata* (być może i *Trylobita*) i *Arachnoidea*. Barwnik ten miał być najbardziej rozpowszechniony u *Cephalopoda*, odgrywając dominującą rolę w erze paleozoicznej.

LITERATURA

1. Aljakrinskaja O. J. — *Gemoglobiny i gemocianiny bezpozwonoczych*. Nauka, Moskwa, 1979.
2. Garlick R. L., Riggs A. — *The amino acid sequence of a major polypeptide chain of earthworm hemoglobin*. J. Biol. Chem. 257: 9005-9015, 1982.
3. Gondko R., Alikhan M. A., Leyko W. — *Białka oddechowe*. Zesz. Nauk. U.Ł. s. II, 19: 279-331, 1976.
4. Gondko R., Adamska M. — *Hemoglobiny tkankowe*. Acta Univ. Lodz. (w druku) 1986.
5. Irżak L. J. — *Gemoglobiny i ich swoistwa*. Nauka, Moskwa, 1975.
6. Kunicki-Goldfinger W. — *Dziedzictwo i przyszłość*. PWN, Warszawa, 1974.
7. Leyko W., Buczek L. — *Budowa przestrzenna hemoglobiny*. Post. Biochem. 6: 393, 1960.
8. Rutten M. G. — *Powstanie życia na ziemi a świadectwa geologiczne*. Omega PWN, Warszawa, 1966.
9. Stryer L. — *Biochemistry*. W. H. Freeman Comp., San Francisco, 1981.
10. Szarski H. — *Mechanizmy ewolucji*. Zakł. Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław, 1976.

11. Szweykowski J. — *Ewolucja molekularna*. Kosmos XXXIV: 195-220, 1985.
12. Wells R. M. G. — *Invertebrate respiration*. E. Arnold, London, 1980.
13. Wood E. J. — *The oxygen transport and storage proteins of invertebrates*. Essays Biochem. 16: 1-47, 1978.

ŁĘGI ZESPOŁOWE, ODWZAJEMNIANIE I ALTRUIZM U PTAKÓW

Z początkiem lat trzydziestych, Aleksander Skutch, badacz ptaków neotropikalnych, prowadząc obserwacje przy gniazdach ptasich po raz pierwszy opisał przypadki występowania dodatkowych pomocników karmiących pisklęta, oprócz pary rodzicielskiej [13]. Później, kiedy znajomość biologii ptaków egzotycznych rosła, notowano takie przypadki u coraz większej liczby gatunków. Coraz jaśniej rysował się fakt, że nie są to wyjątki potwierdzające regułę, ale że u niektórych gatunków regułą jest występowanie grup rozrodczych zajmujących stałe, wspólne terytorium, gdzie tylko para dominujących ptaków przystępuje do rozrodu, a inne pełnią funkcje pomocnicze. Aktualnie znamy ok. 300 takich gatunków należących do 10, bardzo nieraz od siebie odległych systematycznie, rzędów ptaków. W latach siedemdziesiątych w związku z rozwojem socjobiologii i dalszymi postępami neodarwinizmu, łęgi kooperatywne (zespołowe) zaczęły budzić szczególne zainteresowanie, jako dotyczące aktów (przynajmniej z pozoru) altruistycznych, a więc niezgodnych ze współczesnym rozumieniem ewolucji i sposobu działania doboru naturalnego. Zachowanie altruistyczne zmniejsza bowiem wartość dostosowawczą (fitness)¹ osobnika w ten sposób zachowującego się, przekazuje on więc mniej genów następnemu pokoleniu niż osobnik niealtruistyczny, stąd trudno sobie wyobrazić jak taka cecha mogłaby przez dłuższy czas utrzymać się w populacji. Dobór naturalny działa raczej poprzez osobnika, a nie grupę (lub gatunek jako całość), z czego wynika, że osobnik by uzyskać reprezentację swych genów w następnym pokoleniu powinien zachowywać się „samolubnie”.

Hamilton [6] zwrócił uwagę, że wszystkie zachowania socjalne (tj. takie zachowania, które są adresowane do innych osobników) można teoretycznie sprowadzić do czterech zasadniczych kategorii, w zależności od tego, czy mają dodatni czy też ujemny wpływ na wartość dostosowawczą (zachowania się) wykonawcy i odbiorcy.

¹ Fitness (individual fitness), czyli wartość dostosowawcza osobnika w porównaniu z innymi osobnikami tego samego gatunku, wyrażająca się zdolnością do przekazania określonej ilości genów swemu potomstwu (w przybliżeniu — liczba wyprodukowanego potomstwa w ciągu życia osobnika).

Przedstawia to poniższy schemat:

Wykonawca	Odbiorca	
	++ współpraca	+ - samolubstwo
	- + poświęcenie (altruizm)	-- złośliwość

Na początek rozpatrzmy bliżej dwa przykłady lęgów kooperatywnych. Woolfenden [17, 18] przez kilkanaście lat prowadził badania nad indywidualnie oznakowaną populacją florydzkiej sójki zaroślowej (*Aphelocoma caerulescens*). Izolowana populacja tego gatunku zamieszkująca Florydę występuje w ograniczonym przestrzennie i specyficznym środowisku rozproszonych zakrzewień dębowych. Sójki żyją w grupach, składających się z pary rozrodczej oraz jej młodych (0-6) z poprzedniego roku, a czasem kilku poprzednich lat. Terytorium lęgowe jest bronione przez wszystkich członków grupy. Budową gniazda i wysiadywaniem zajmuje się wyłącznie para, ale gdy wyklują się pisklęta, ok. 30% pokarmu dostarczają im pomocnicy (często za pośrednictwem samicy), którzy reagują także na pojawienie się drapieżnika wydawaniem głosów ostrzegawczych, a nawet atakiem, w przypadku mniejszych zwierząt. Na 199 oznakowanych pomocników o znanym rodowodzie, 118 pomagało własnym rodzicom, 49 jednemu z rodziców i macosze lub ojczymowi, a pozostałe 32 — braciom, siostram, dziadkom lub niespokrewnionym ptakom. Tendencja do pomagania była też związana z wiekiem. Prawie wszystkie ptaki jednoroczne pomagały, a potem w miarę upływu lat usamodzielniały się i wśród 5-7 letnich prawie wszystkie przystępowały do własnych lęgów. Średnia produkcja młodych na parę pozbawioną pomocników wynosiła 1,62, a na parę z pomocnikami — 2,20. Średnia roczna przeżywalność ptaków lęgowych w pierwszym przypadku wynosiła 80%, a w drugim 87%. Wskazuje to na istotne znaczenie pomocników zarówno w karmieniu piskląt jak i ostrzeganiu przed drapieżnikami. Korzyści odbiorców pomocy są więc jasne. Trudniej wytłumaczyć korzyści płynące ze statusu pomocnika, zwłaszcza że ptaki jednoroczne są już dojrzałe płciowo. W grupie występuje hierarchia socjalna, począwszy od samca lęgowego (alfa), poprzez samca beta (dominujący pomocnik), młodsze samce, do samic — od najstarszych do najmłodszych. Wśród pomocników miejsce w hierarchii jest związane z wkładem pracy (intensywnością karmienia); udział samca beta w karmieniu jest wyższy nawet niż udział każdego z rodziców. Gdy grupa wzrasta liczebnie to poszerza się terytorium, co w konsekwencji może doprowadzić do „odpączkowania” jego części, w której osadza się dominujący pomocnik jako samiec lęgowy. Inne możliwości wywalczenia własnego terytorium, to zajęcie miejsca samca alfa po jego śmierci lub (rzadko spotykane) wyparcie samca alfa. Samice, jako podporządkowane samcom nie mogą samodzielnie osiągnąć statusu rozrodczego. Brak też chowu wsobnego, tj. samica nie może osiągnąć

statusu lęgowego po matce. Jeżeli jeden z synów osiągnie status samca alfa w rodzinnym terytorium, z reguły łączy się z samicą z zewnątrz. Stąd strategia podporządkowanych samic polega na emigracji i przeglądaniu sąsiednich terytoriów w poszukiwaniu terytorium, w którym można ubiegać się o wakujące miejsce samicy alfa. Jeżeli to się nie uda, samica wraca do rodzinnego terytorium, gdzie jest przyjmowana bez sprzeciwów. A więc pomaganie daje (być może, jedyną) możliwość doczekania we względnie bezpiecznym środowisku swojej szansy na przystąpienie do rozrodu, przy ograniczonej liczbie terytoriów.

Bardzo odmiennym przykładem jest ani rowkodzioby (*Crotophaga sulcirostris*), przedstawiciel neotropikalnych kukulek, badany w Costa Rica przez Vehrencamp [15]. Tutaj pomocnicy mają niewielkie znaczenie. Grupa składa się z 1-4 monogamicznych par lęgowych (i czasem ptaka bez pary, który jest pomocnikiem). Członkowie grupy budują wspólne gniazdo, do którego wszystkie samice składają jaja. Przy bliższych obserwacjach ta kooperacja nie jest tak idealna jakby się zdawało na pierwszy rzut oka. Jaj jest często więcej niż może być skutecznie wysiadywanych i część zostaje zakopana w gnieździe lub nie jest dostatecznie często obracana czy też ogrzewana i nie dochodzi do wyklucia się piskląt. Można by się więc spodziewać współzawodnictwa samic w staraniach o wyklucie się własnych jaj. I oto zauważono, że pojedyncze jaja często wypadają i leżą rozbite pod gniazdem. Okazało się, że są one wytaczane przez samice i to tym częściej im więcej samic gniazduje wspólnie. W gniazdach pojedynczych par takie przypadki nie zdarzały się. Wśród samic występuje linearna hierarchia socjalna. Najwcześniej składa jaja samica z samego dołu „drabiny społecznej” a jako ostatnia — samica alfa. Samice tuż przed rozpoczęciem składania jaj odwiedzają gniazdo i często wyrzucają jedno jajo. Gdy samica złoży pierwsze, własne jajo, behavior ten ustaje. W efekcie, ostatnia samica (alfa) ma najmniej jaj wyrzuconych i w zniesieniu jest przewaga jej jaj. Z drugiej strony samice podporządkowane rozwinęły różne strategie by zmniejszyć ten efekt. Na przykład, gdy liczba samic wzrastała, każda z nich składała większą liczbę jaj; podporządkowane samice składały tzw. „późne jaja”, tzn. w kilka dni po skompletowaniu normalnego zniesienia, kiedy dominująca samica już zaczęła składać własne jaja i nie wyrzucała cudzych. Należałoby się spodziewać, że im wyżej w hierarchii stoi dany osobnik, tym więcej powinien inwestować w opiekę nad potomstwem, bo ma więcej potomków we wspólnym lęgu. Okazało się, że tak jest tylko w przypadku samców, a u samic wręcz odwrotnie. Autorka interpretuje to jako pozostałość pasożytnictwa lęgowego u tego gatunku.

Dotychczas, równie dokładnie przebadano kilkanaście dalszych gatunków i ostatnio Emlen i Vehrencamp [4] dokonali próby podsumowania wiedzy o lęgach zespołowych, próbując znaleźć jakiś wspólny mianownik dla tych dosyć różnorodnych zjawisk. Wymieniają oni szereg czynników natury ekologicznej i genetycznej, sprzyjających powstawaniu lęgów zespołowych. Między innymi trzy następujące: 1) ograniczenie możliwości założenia własnego terytorium w stabilnym i specyficznym środowisku zajmującym ograniczony

obszar, gdzie wszystkie bardziej odpowiednie do lęgów miejsca są już zajęte przez inne ptaki utrzymujące stałe terytoria; 2) niedobór partnerów seksualnych przy zaburzonych proporcjach płci (u szeregu gatunków stwierdzono bowiem przewagę liczebną samców — przyczyny tego nie są w pełni wyjaśnione); 3) zbyt wysokie koszty reprodukcji. Kooperatywne lęgi występują także u pewnych gatunków zamieszkujących suche lub nawet półpustynne rejony o bardzo nieregularnych zmianach w środowisku. W tym przypadku ptaki młode mogą odwlekać gniazdowanie w oczekiwaniu na nastanie korzystniejszych warunków w siedlisku w jakim żyją. Przykładem może być strzyżyk rajski (*Malurus splendens*) z australijskiej, endemicznej rodziny *Maluridae* [11]. Przez osiem kolejnych sezonów badań, co roku obserwowano ten sam obraz systemu rozrodczego (ptaki młode nie przystępowały do rozrodu funkcjonując jako pomocnicy) i wydawało się, że pod tym względem gatunek ten jest już dostatecznie zbadany. W dziewiątym sezonie nadeszła jednak wyjątkowo wilgotna zima, po której była długa wiosna i łagodne lato. W roku tym po raz pierwszy zanotowano przewagę liczebową samic i przystępowanie do lęgów wielu ptaków jednorocznych, z których część w krótkim czasie wyprodukowała dwa kolejne lęgi. Sezon ten dostarczył więc pośrednio dowodu, że w poprzednich latach właśnie trudne warunki czyniły nieopłacalnym podejmowanie lęgów przez młode ptaki, na których pomyślne zakończenie były małe szanse. Tak więc następną korzyścią ze statusu pomocnika byłoby zwiększenie przeżywalności przez odłożenie gniazdowania. Można przeczekać trudne warunki w terytorium rodzicielskim, co zwiększa szanse osiągnięcia statusu ptaka lęgowego, gdy się one polepszą. Jeżeli zatem krótkoterminowe koszty wstrzymania się od rozrodu są rekompensowane z nawiązką przez przedłużenie życia i co za tym idzie okresu rozrodczego, to wystarcza to by wyjaśnić powstanie takiego właśnie przystosowania.

Następną korzyścią może być zyskanie doświadczenia w opiece na lęgiem. U dwóch gatunków sójek północnoamerykańskich stwierdzono, że starsi pomocnicy pomagają bardziej efektywnie niż młodszy. Sugeruje to, że jednym z zysków pomagania może być zdobycie doświadczenia, które potem procentuje przy wyprowadzeniu własnych lęgów. Wydaje się jednak wątpliwe by zysk ten przewyższał zysk z posiadania własnego lęgu. Nie wiadomo wprawdzie jak długo trzeba zdobywać doświadczenie, ale niektóre ptaki pomagają przez kilka lat i na zdrowy rozum biorąc przekracza to chyba czas potrzebny na naukę. A więc czynnik ten jest prawdopodobnie tylko dodatkowy.

Jako kolejną korzyść można wymienić ustalenie się kontaktów socjalnych, które będą owocować w przyszłości. Np. pomaganie może podnieść miejsce w hierarchii i zwiększyć szansę w kolejce po sukcesję terytorium rodzicielskiego lub sąsiedniego terytorium. Znane są też przypadki tworzenia się koalicji pomocników, którzy próbują wspólnie zdobyć nowe terytorium; np. u kuraka tasmańskiego *Tribonyx mortierii* [10]. Pomagając w obronie terytorium, pomocnicy mogą przyczynić się do jego poszerzenia, a następnie zajmują tę nową część. Przypadki takie opisano u sójki zaroślowej [18] i kurtodrozdów *Timaliidae* [19].

Bardzo istotnym szczegółem jest wspomniany już fakt, że pomocnicy są

często bardzo blisko spokrewnieni z tymi, którym pomagają. Pomaganie może w tym przypadku zwiększać ich łączne dostosowanie (inclusive fitness) [6]. W zakres tego ostatniego pojęcia wchodzi indywidualna wartość dostosowawcza (fitness) plus efekt jaki wywiera osobnik (przez pomaganie) na fitness swych krewnych (a więc osobników z którymi dzieli część genów), a wpływ tej pomocy na inclusive fitness zależy od stopnia pokrewieństwa. Im bliższe pokrewieństwo dwóch osobników, tym bardziej osobnik pomagający zwiększa swe łączne dostosowanie. Pojęcie to można rozpatrywać na poziomie genu. Stopień rozpowszechniania się genu w populacji zależy od jego inclusive fitness, na które składa się tempo rozrodu nosiciela genu plus te kopie genu, które występują u krewnych nosiciela, którym jest on w stanie pomóc. A więc częstość występowania cechy w populacji jest wynikiem działania zarówno doboru osobniczego, jak i doboru krewniaczego (kin selection), który zwiększa fitness całej grupy spokrewnionych osobników. Vehrencamp [16] wymyśliła wskaźnik do określania wzajemnego udziału selekcji osobniczej i selekcji krewniaczej w podtrzymywaniu w procesie ewolucji występowania określonej cechy behawioralnej. Wskaźnik ten pozwala na obliczenie, jaka część zysku w łącznym dostosowaniu przypada na składnik krewniaczy w przypadku wszelkiego rodzaju kooperacji między krewnymi w odróżnieniu od sytuacji niekooperatywnych. Wskaźnik ten oblicza się ze wzoru:

$$J_K = \frac{(W_{RA} - W_R)r_{ARy}}{(W_{AR} - W_A)r_{Ay} + (W_{RA} - W_R)r_{ARy}}$$

gdzie:

W — symbolizuje fitness.

r — jest to wskaźnik pokrewieństwa, który informuje jaka jest przeciętna liczba wspólnych genów u spokrewnionych osobników; np. w przypadku braci lub rodziców i dzieci wynosi on 1/2, dziadków i wnuków — 1/4.

$(W_{RA} - W_R)$ — jest to różnica w sukcesie reprodukcyjnym (produkcja młodych) całego życia odbiorcy pomocy (R = recipient) gdy pomaga mu dawca A i gdy mu nie pomaga dawca A .

$(W_{AR} - W_A)$ — jest to różnica w sukcesie reprodukcyjnym całego życia dawcy A gdy pomaga on odbiorcy R i gdy nie pomaga on odbiorcy R .

r_{ARy} — jest to pokrewieństwo: (r = relatedness) A do młodych (y = youngs) R .

r_{Ay} — jest to pokrewieństwo A do swych własnych młodych. Jeżeli: $J_K > 1$ mamy do czynienia z czystym doбором krewniaczym (tylko ten składnik liczy się w zyskach netto z kooperacji).

$J_K < 0$ mamy do czynienia z manipulacją odbiorcy (R) przez dawcę (A). Kooperacja daje zyski dawcy, a jest obojętna dla odbiorcy.

$0 < J_K < 1$ w tym przypadku zarówno składnik indywidualny, jak i składnik krewniaczy ulegają powiększeniu przez kooperację, a wartość wskaźnika informuje jaka część przypada na składnik krewniaczy.

Na razie jest niewiele gatunków, dla których dysponowalibyśmy danymi

potrzebnymi do podstawienia do powyższego wzoru. Dla przeciętnego pomocnika badanej przez Rowleya [11] populacji strzyżyka rajskiego, *Malurus splendens*, wskaźnik ten wynosił 0.35-0.51, co oznacza że pomaganie powoduje wzrost zarówno składnika indywidualnego jak i krewniaczego (w inclusive fitness, na które składa się tempo rozrodu nosiciela genu plus te kopie genu, wartości (0.4-0.5) uzyskano dla kilku innych kooperatywnych gatunków. Wskaźnik ten jest o tyle ważny, że uwzględnia obie części łącznej wartości przystosowawczej i przerywa jałową dyskusję: co umożliwiło wyewoluowanie behawioru pomagania — zysk indywidualny czy dobór krewniaczy?

Fry [5] i Rowley [12] zwrócili uwagę na jeszcze jedną cechę, która wydaje się być wspólna dla wszystkich gatunków, u których występuje gniazdowanie zespołowe. Jest nią długowieczność. Strategia odwlekania rozrodu do momentu lepszej szansy nie mogła rozwinąć się u gatunków krótko żyjących. Ornitologia, jak i inne gałęzie nowoczesnej nauki, rozwijała się głównie w strefie umiarkowanej, gdzie ptaki podlegają niebezpieczeństwu dalekich migracji lub poddane są surowym warunkom zimy. Stąd śmiertelność jest wysoka i np. dla wielu drobnych ptaków Wróblowatych wynosi ok. 50% rocznie. Jest już sporo danych sugerujących, że śmiertelność roczna wśród dorosłych ptaków strefy tropikalnej i subtropikalnej jest znacznie niższa. Np. u jednego z kurtodrozdów australijskich wynosi 22%, u gorzyków (*Pipridae*) — 10-20% [14], u sójki zaroślowej z Florydy — 17-20%. Może to być jedną 10-20% [14], u sójki zaroślowej z Florydy — 17-20%. Może to być jedną z przyczyn, że lęgi kooperatywne występują głównie wśród gatunków egzotycznych. Przy znacznej, spodziewanej dalszej długości życia, strategia przeczekania gorszych warunków bez rozrodu wydaje się być najkorzystniejsza, bo liczy się liczba wyprodukowanego potomstwa w ciągu całego życia, a nie jednego sezonu. Ostatnio Emlen [2] wykazał, że u żołą białoczelnej, (*Merops bullockoides*), ten sam osobnik może być najpierw pomocnikiem, potem ptakiem lęgowym, potem znów pomocnikiem i ponownie ptakiem lęgowym, w zależności od zmieniających się warunków w siedlisku. W populacji zimorodka srokatego (*Ceryle rudis*) znad Jez. Wiktorii 66% par lęgowych miało 1-2 pomocników, a w populacji tego samego gatunku żyjącej nad Jez. Naivasha — tylko 28% par. Warunki pokarmowe w tym pierwszym miejscu były znacznie gorsze [9].

Wszystko co dotąd powiedziano dotyczy tylko części badanych lęgów kooperatywnych. Są bowiem gatunki żyjące w grupach rozrodowych, w których poszczególne ptaki nie są spokrewnione lub występują pomocnicy, którzy nie przystępują do własnych lęgów. Najlepiej poznanym tego typu gatunkiem jest dudek leśny (*Phoeniculus purpureus*), badany przez 7 lat w Kenii [7, 8]. Ściśle terytorialne grupy zajmują u tego gatunku terytoria o różnej jakości, a osiedlanie się w nowych terytoriach zdarza się rzadko. Pozbawiona pomocy para nie jest w stanie założyć nowego terytorium w sprzyjającym siedlisku, z powodu agresywności sąsiednich grup terytorialnych. Uda się to tylko grupom złożonym z 3-6 osobników, przy czym często w tym celu łączą się niespokrewnione osobniki tej samej płci. Tylko najstarszy, dominujący ptak przystępuje potem do rozrodu. Istnieją też pojedyncze pary lęgowe, ale grupy z pomocnikami mają zdecydowanie lepsze efekty rozrodcze niż

samotne pary. Dla pojedynczego ptaka jedyna szansa stania się osobnikiem terytorialnym polega na szukaniu aliansu z jednym lub kilkoma osobnikami własnej płci. Stwierdzono na przykład, że gdy samiec alfa zdobywa samice i przystępuje do rozrodu, to samiec beta pomaga w wykarmieniu jego piskląt. Zdarza się, że część z tych piskląt pomaga później samcowi beta osiągnąć status lęgowy i z kolei pomagają one w wykarmieniu jego własnych piskląt.

A więc mielibyśmy tutaj do czynienia z odwzajemnianiem. Jest to sytuacja gdy jeden osobnik pomaga drugiemu „w przewidywaniu”, że przyjmujący pomoc odwdzięczy się, pomagając dawcy w przyszłości. Wyjaśnienie, w jaki sposób dobór naturalny mógłby dokonywać selekcji w kierunku wykształcenia się behawioru odwzajemniania napotyka na trudności, skoro dobór działa na poziomie osobniczym. Trudność tę w sposób najbardziej lakoniczny można przedstawić w postaci sytuacji zaczerpniętej z teorii gier, znanej jako gra „dylemat więźnia” [1]. Rozgrywka jest prowadzona między dwoma graczami (nie jest w tym przypadku istotne czy są to osobniki zwierząt, chromosomy, etc.). Najczęściej cytuje się przykład w którym graczami są dwaj podejrzani zatrzymani przez policję i każdemu niezależnie dana jest szansa „wsypania” drugiego w zamian za korzyści.

		Gracz B	
		Współpraca	Zdrada
Gracz A	Współpraca (W)	WW = 3 (nagroda za obopólną współpracę)	WZ = 0 („podatek od naiwności”)
	Zdrada (Z)	ZW = 5 (pokusa zdrady)	ZZ = 1 (kara za obopólną zdradę)

$$ZW > WW > ZZ > WZ; \quad WW > (ZW + WZ)/2$$

Wprawdzie współpraca z obu stron daje w sumie największe korzyści (po zsumowaniu punktów obu graczy), ale jednym posunięciem, na którym nigdy się nie traci, bez względu na ruch drugiej strony, jest zdrada. Analogicznie, w przypadku omawianego wyżej przykładu, najlepszą strategią wydaje się być oszustwo, tj. przyjmowanie pomocy i nie odwzajemnianie jej w przyszłości. Trzeba jednak wziąć pod uwagę, że rozpatrywaliśmy tylko jedną rozgrywkę. Jeżeli natomiast mamy serię wielu gier, a gracze pamiętają wyniki poszczególnych gier i jeżeli na dłuższą metę współpraca częściej się opłaca niż zdrada, to cecha behawioralna współpracy może się utrwalić. Jest to możliwe w przypadku organizmów stosunkowo długowiecznych, obdarzonych dobrą pamięcią i rozpoznających się indywidualnie. Wyjaśniałoby to różne formy pomagania sobie w świecie zwierząt, bez odwoływania się do niezrozumiałego z punktu widzenia teorii ewolucji, „prawdziwego altruizmu”.

LITERATURA

1. Axelrod R., Hamilton W. D. — *The evolution of cooperation*. Science 211: 1390-1396, 1981.
2. Emlen S. T. — *Altruism, kinship and reciprocity in the White fronted Bee-eater*. W: Alexander R. D., Tinkle D. (eds.) — *Natural selection and social behavior: recent research and new theory*, str. 217-230. Chiron Press, New York, 1981.
3. Emlen S. T. — *The evolution of helping. I. An ecological constraints model*. Amer. Nat. 119: 29-39, 1982.
4. Emlen S. T., Vehrencamp S. L. — *Cooperative breeding strategies among birds*. W: Brush A. H., Clark Jr. G. A. (eds.) — *Perspectives in ornithology*, str. 93-127. Cambridge Univ. Press (USA), Cambridge, 1983.
5. Fry C. H. — *The evolutionary significance of co-operative breeding in birds*. W: Stonehouse B., Perrins C. M. (eds.) — *Evolutionary ecology*, str. 127-135, Mac Millan, London, 1977.
6. Hamilton W. D. — *The genetical evolution of social behavior*. J. Theor. Biol. 7: 1-51, 1964.
7. Ligon J. D., Ligon S. H. — *Communal breeding in the Green Woodhoopoe as a case for reciprocity*. Nature 176: 496-498, 1978.
8. Ligon J. D., Ligon S. H. — *Reciprocity in the Green Woodhoopoe (Phoeniculus purpureus)*. Anim. Behav. 31: 480-489, 1983.
9. Reyer H.-U. — *Flexible helper structure as an ecological adaptation in the Pied Kingfisher (Ceryle rudis)*. Behav. Ecol. Sociobiol. 6: 219-227, 1980.
10. Ridpath M. G. — *The Tasmanian native hen, Tribonyx mortierii*. CSIRO Wildl. Res. 17: 1-118, 1972.
11. Rowley I. — *The communal way of life in the Splendid Wren, Malurus splendens*. Z. Tierpsychol. 55: 228-267, 1981.
12. Rowley I. — *Commentary to cooperative breeding strategies among birds*. W: Brush A. H., Clark Jr. G. A. (eds.) — *Perspectives in ornithology*, str. 127-133. Cambridge Univ. Press (USA), Cambridge, 1983.
13. Skutch A. F. — *Helpers at the nest*. Auk 52: 257-273, 1935.
14. Snow D. — *The web of adaptation. Bird studies in the American tropics*. Collins, London, 1976.
15. Vehrencamp S. L. — *Relative fecundity and parental effort in communally nesting anis, Crotophaga sulcirostris*. Science, 197: 403-405, 1977.
16. Vehrencamp S. L. — *The roles of individual, kin, and group selection in the evolution of sociality*. W: Marler P., Vandenberg J. G. (eds.) — *Handbook of behavioral neurobiology*, str. 351-394. Plenum, New York, 1979.
17. Woolfenden G. E. — *Nesting and survival in a population of Florida scrub jays*. Living Bird 12: 25-29, 1973.
18. Woolfenden G. E. — *Florida scrub jay helpers at the nest*. Auk 92: 1-15, 1975.
19. Zahavi A. — *Communal nesting by the Arabian Babbler: a case of individual selection*. Ibis 116: 84-87, 1974.

TOMOGRAFIA NMR A BIOMAGNETYZM

W ostatnich kilku latach obserwuje się nową „rewolucję” w medycynie. Chodzi o wprowadzenie do diagnostyki medycznej tomografii NMR — Nuclear Magnetic Resonance [1-6] i eliminowanie z badań wysoce szkodliwego promieniowania X. Stosowane w tomografii NMR stałe pole magnetyczne (spm) oraz fale elektromagnetyczne zakresu radiowego nie powodują szkodliwych skutków i są dla pacjentów bezpieczne [7-9]. Informują o tym odpowiednie instytucje: Bureau of Radiological Health w USA oraz National Radiological Protection Board w Wielkiej Brytanii [7], prospekty tomografów NMR (Brucker, Philips, Technicare) oraz przeglądowe opracowania [8, 9].

Tymczasem, pojawia się wiele prac z zakresu biomagnetyzmu o różnych efektach oddziaływania stałych pól magnetycznych na organizmy żywe [10-13]. Niektóre z nich przedstawiłem w przeglądowym opracowaniu [14]. Problem ten ma nawet swoje hasła w Index Medicus — magnetics oraz w Current Contents — magnetic fields. Co więcej, już krótki okres stosowania tomografii NMR przynosi zaskakujące obserwacje. W końcu 1983 roku doniesiono, że u pacjentów badanych metodą tomografii NMR obserwuje się zmiany temperatury mięśni i niektórych żył, wywołane działaniem spm [15]. Obserwacje te zostały już potwierdzone w doświadczeniach na myszkach [16].

Z punktu widzenia bezpieczeństwa metody tomografii NMR, jest interesujące, czy stałe pole magnetyczne o indukcji od 0.15 T do około 2 T, działające na organizm ludzki w ciągu kilkunastu minut, może być dla organizmu niebezpieczne. Dotyczy to zwłaszcza możliwości oddziaływania spm na kod genetyczny, reakcje enzymatyczne, mechanizmy transportu i regulacji, krążenie, procesy miażdżycowe i nowotworowe.

W świetle dawniejszych prac z zakresu biomagnetyzmu, odpowiedź na to pytanie jest twierdząca: pole może być niebezpieczne. Nowsze prace w dużym stopniu odpowiedź tę tonują, jeżeli nie zmieniają jej nawet na odwrotną. Trzeba z naciskiem podkreślić, że w ostatnim czasie otrzymano wiele rezultatów negatywnych i nie potwierdzono wielu uprzednich doniesień. W szczególności kontrowersje dotyczą oddziaływania spm na kod genetyczny. Nie wykazano wpływu spm (odnośnego zakresu) na strukturę chromosomów leukocytów ludzkich w hodowli [17, 18] oraz na wymianę siostrzanych chromatyd [17]. Nie obserwowano efektów mutagennych, ani letalnych, u wielu szczepów bakterii *Escherichia coli* i u roślin *Tradescantia* [9, 19-21]

oraz nie obserwowano uszkodzeń DNA w komórkach wielu narządów [22].

Szeroki aspekt oddziaływania spm na reakcje enzymatyczne przedstawiłem w pracy przeglądowej [23]. W świetle nowych badań nie potwierdzono wpływu spm na aktywność trypsyny [24] oraz ATPazy- Na^+/K^+ zależnej [25, 26]. Ze wstępnych badań własnych wynika, że aktywny transport sodu przez skórę żaby (pomiar PD i SCC) nie wykazuje zależności od pola magnetycznego. Dalsze badania w zakresie transportu przez nabłonki epi- i endotelialne są bardzo wskazane z uwagi na potrzebę weryfikacji hipotezy o możliwościach wpływu spm na właściwości ciekłokrystaliczne błon biologicznych. Ostatnio opublikowane informacje, że pepsyna poddana działaniu pola magnetycznego zmienia widmo optyczne w zakresie ultrafioletu [27], nie dają się potwierdzić. Już wcześniej, w wielu innych enzymach nie wykazano zmian stosując nawet bardzo silne pola [28, 29]. Kwestionuje się możliwość wpływu spm na zmianę kąta wiązań chemicznych i znaczenie współczynnika orientacji (w tym zakresie natężeń pól) w mechanizmach uzasadniających oddziaływania pól magnetycznych na reakcje enzymatyczne [30]. Wprowadzony przez M. Valentinuzzi [31] współczynnik orientacji $\gamma = 0.88$ jest błędny, w rzeczywistości $\gamma = 0.998$ (po wstawieniu do odpowiedniego równania danych autora), co nie może dawać realnych efektów.

Wskazano na możliwość korzystnego oddziaływania spm w stanach zapalnych, przyspieszenie gojenia się ran i kościotworzenia, łagodzenie skutków radiacji, zwalnianie procesów starzenia oraz w wielu innych stanach chorobowych [10, 12, 32-35]. Występowanie tych efektów uzasadnia się m.in. pracami M. F. Barnothy [36, 37], w których doniesiono o stymulującym wpływie pola magnetycznego na powstawanie leukocytozy i inne zmiany w obrazie krwi. Szerokie doświadczenia J. M. i M. F. Barnothy nie zostały jednak później potwierdzone [38, 39], co stwarza wątpliwości w stosunku do wielu prac z tego zakresu, chociaż i obecnie ukazują się prace, w których wykazuje się, że pola magnetyczne nie są obojętne dla układu krwi i krążenia. Interesujące jest np. zastosowanie spm (1T) do spowodowania zakrzepów tętniaków naczyń mózgowych [40]. Wynika ono z tzw. efektu „stry”, czyli powstawania napięć indukcyjnych podczas przepływu krwi w naczyniach umieszczonych prostopadle do linii sił spm. W przestrzeni dodatniego potencjału powstają warunki sprzyjające zakrzepowi krwi, w miejscu ujemnego — hamowanie zakrzepu. Zjawisko to może stwarzać niebezpieczeństwo, zwłaszcza dla pacjentów ze skazami krwiotocznymi, np. z zespołem rozsialego wykrzepiania wewnątrznaczyniowego. Oddziaływanie spm na krew i układ krwiotwórczy było obiektem badania wielu autorów [opracowania przeglądowe — 41, 52], jednak uzyskane wyniki nie dają jeszcze możliwości właściwej oceny tego problemu. Wykazano np. wpływ nawet słabych pól na proces krzepnięcia i fibrynolizy oraz dynamikę procesu zakrzepowego [43], ale budzą wątpliwości warunki przeprowadzonych doświadczeń (jednorodność pola w szczelinie o szerokości 0.22 m magnesu rdzeniowego, próby kontrolne, temperatura i in.). W wielu pracach wykazano wpływ spm na orientację fibrynogenu, fibryny, aktyny i kolagenu; realne efekty mogą wystąpić dopiero w bardzo silnych polach, rzędu 10 T [44-47]. Ryzyko w przypadku chorób sercowo-naczyniowych nie jest jednak wykluczone [48-49].

Na podstawie praw i zjawisk fizyki można poszukiwać uzasadnienia wpływu pola magnetycznego na obiekty biologiczne. Są to: zjawisko Cottona-Moutona, Faradaya, Ampere'a, Halla, Jahna Tellera. Istnieje możliwość wpływu spm na właściwości ciekłokrystaliczne i nadprzewodzące substancji organicznych, zawartych w żywych organizmach, oraz zniesienie zakazu przejść interkombinacyjnych w wolnorodnikowych reakcjach. Niektóre obliczenia ilościowe, wykonane zgodnie z prawami powyższych zjawisk, dają jednak znikome rezultaty [50-53]. Znane są kontrowersje co do możliwości zmian właściwości fizyko-chemicznych wody pod wpływem spm [54, 55]. Najbardziej użyteczną hipotezą, do wyjaśnienia niektórych powtarzalnych efektów oddziaływania spm na organizmy żywe, jest możliwość wpływu pola magnetycznego na właściwości ciekłokrystaliczne błon biologicznych [56-60]. Wspomniane we wstępie zmiany temperatury, obserwowane u pacjentów poddanych tomografii NMR, mogą nie być dla organizmu szkodliwe, są one jednak interesujące dla wyjaśnienia mechanizmów oddziaływania spm. Uzasadnienie tych efektów nie może wynikać z termodynamicznych rozważań energetycznych, z uwagi na znikomą energię oddziaływania spm z materią o właściwościach diamagnetycznych, a nawet paramagnetycznych. Energia ta jest o kilka rzędów wielkości mniejsza od energii termicznej kT . Pole musi tutaj działać raczej tryggerowo, czyli wyzwać potencjalnie istniejące mechanizmy uwalniania energii; działać bardziej informacyjnie niż energetycznie. Biorąc pod uwagę znane równanie na zmianę energii swobodnej w reakcji chemicznej, $\Delta G = -RT \ln K$, nie jest możliwa pod wpływem spm zmiana stanu równowagi, ale nie przesądza to możliwości zmiany czasu osiągania stanu równowagi. Dla reakcji wolno-rodnikowych, nawet słabe spm może powodować zmiany ilościowo-jakościowe produktów [23]. Możliwość wpływu słabych pól magnetycznych (rzędu fluktuacji pola geomagnetycznego lub bliskich zera) na organizmy żywe jest już dawno postulowana [61, 62], ale problem ten jest jeszcze ciągle w sferze hipotez i mało powtarzalnych efektów. Jest on jednak interesujący dla metody tomografii NMR z uwagi na narażenie personelu, obsługującego tomografy NMR, na długotrwałe oddziaływanie tego typu pól.

PODSUMOWANIE

Nie ulega wątpliwości, że organizmy żywe są wrażliwe na spm, jednak efekty tego oddziaływania, w zakresie natężenia pól i czasów ich działania używanych w tomografii NMR, są słabe i nie stwarzają takiego zagrożenia dla człowieka, jak promieniowanie X. Rysują się jednak pewne ogólne wnioski, które należy brać pod uwagę stosując metodę tomografii NMR. Organizmy młode mogą być bardziej czułe na działanie spm. Na ogół bardziej niebezpieczne będą silne pola i działające przez dłuższy czas. Również stan choroby może być czynnikiem ograniczającym stosowanie tej metody, z uwagi na zmniejszoną odporność pacjenta na działanie czynników stresowych.

Zaangażowanie zespołów naukowych oraz dużych funduszy na rozwój tomografii NMR dają nadzieję, że w przyszłości zagadnienia biomagnetyzmu będą mniej kontrowersyjne, ale mogą też pojawić się pewne ograniczenia (inne niż dotychczas znane) odnośnie pacjentów. Znane dotychczas, szkodliwe działanie czynników stosowanych w tomografii NMR nie jest przeszkodą w rozwoju wspaniałych możliwości diagnostycznych tej metody.

LITERATURA

1. Kressel H. Y. (red.) — *Magnetic Resonance Annual 1985*. Raven Press, New York, 1985.
2. Young S. W. — *Nuclear Magnetic Resonance Imaging, Basic Principles*. Raven Press, New York, 1984.
3. Kopf M. A., Smith F. W. — *Magnetic Resonance in Medicine and Biology*. S. Karger AG, Basel, 1984.
4. Piślewski N. — *Podstawy fizyczne tomografii NMR — nowej metody obrazowania obiektów biologicznych*. Pol. Przegl. Rad. 5-6; 391-402, 1983.
5. Wójtowicz J. — *Magnetyczny rezonans jądrowy (NMR) w obrazowaniu narządów wewnętrznych*. Pol. Przegl. Rad. 5-6; 403-416, 1983.
6. Tołwiński J. — *Jądrowy rezonans magnetyczny jako nowa metoda obrazowania w diagnostyce klinicznej*. Nowotwory 34: 1-18, 1984.
7. Partain C. L., James E. F. — *Nuclear Magnetic Resonance. NMR imaging*. W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1983.
8. Budinger T. F. — *Thresholds for physiological effects due to RF and magnetic fields used in NMR imaging*. IEEE Transactions on Nuclear Sci. 26: 2821-2825, 1979.
9. Thomas A., Morris P. G. — *The effects of NMR exposure on living organisms: I. A microbial assay*. Brit. J. Radiol. 54: 615-621, 1981.
10. Barnothy M. F. (red.) — *Biological Effects of Magnetic Fields*. Tomy 1 i 2, Plenum Press, New York, 1964, 1969.
11. Cholodow Ju. A. (red.) — *Reakcji biologicznych systemów na magnetyczne pole*. Izd. Nauka, Moskwa, 1978.
12. Ketchen E. E., Porter W. E., Bolton N. E. — *The biological effects of magnetic fields on man*. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 39: 2-11, 1978.
13. Tenforde T. S. (red.) — *Magnetic field effects on biological systems*. Plenum Press, New York-London, 1979.
14. Gonet B. — *Efekty magnetyczne w biologii i medycynie*. Post. Fiz. Med. 19 (4): 227-235, 1984.
15. Gremmel H., Wendhausen H., Wunsch F. — *Biologische Effekte statischer Magnetfelder bei NMR-Tomographie am Menschen*. Cristian-Albrechts-Universität zu Kiel, Wissenschaftliche Mitteilung, Radiologische Klinik, 1983.
16. Sperber D., Oldenbourg R., Dransfeld K. — *Magnetic Field Induced Temperature Change in Mice*. Naturwissenschaften 71: 100-101, 1984.
17. Cooke P., Morris P. G. — *The effects of NMR exposure on living organisms. II. A genetic study in human lymphocytes*. Brit. J. Radiol. 54: 622-625, 1981.
18. Milewa M., Iwanow B. — *Wpływ stałego magnetycznego pola na limfocyty człowieka*. Kosm. Biol. Aviakosm. Med. 6: 86-87, 1982.
19. Kale P. G., Baum J. W. — *Genetic effects of strong magnetic fields in Drosophila melanogaster*. Environ. Mutagen. 1: 371-374, 1979.
20. Kale P. G., Baum J. W. — *Genetic effects of strong magnetic fields in Drosophila melanogaster*. Mut. Res. 105: 79-83, 1982.

21. Baum J. W., Schairer L. A. — *Tests in the Plant Tradescantia for Mutagenic Effects of Strong Magnetic Fields*. patrz poz. 13 str. 22-24, 1979.
22. Pino A., Ricci G., Piombo G. — *Absence of DNA damage in liver, spleen and kidney of rats after exposure to therapeutic magnetic fields*. IRCS Med. Sci. Biochem. 13 (3): 259, 1985.
23. Gonet B. — *O możliwościach oddziaływania stałego pola magnetycznego na reakcje biochemiczne*. Zag. Biofiz. Współ. 9: 39-53, 1984.
24. Vajda T. — *Investigation of Magnetic Field Effect on Trypsin Activity*. Radiat. Environ. Biophys. 18: 275-280, 1980.
25. Sawiś M. Ł., Szczegłowa M. B. i in. — *Ob otslǔstwiu wlijanija magnitnogo pola na Na⁺, K⁺ zavisimoj ATFazy*, Biofizika 27 (3): 532-533, 1982.
26. Sawiś M. Ł., Nazarowa N. M. i in. — *Ob otsuststwiu wlijanija silnogo postojannogo magnitnogo polja na izolirowannyje membrannyje preparaty Na⁺, K⁺-zavisimoj ATFazy*. Biofizika. 30 (1): 171-173, 1985.
27. Gorczyńska E., Węgrzynowicz R. — *Aktywność pepsyny w warunkach działania pola magnetycznego*. XXI Zjazd Pol. Tow. Biochem. — Streszczenia, str. 114, Kraków 1985 oraz Mat. VI Konferencji Nauk.-szkol. PTFM — Jachranka k. Warszawy, str. 53, 1981.
28. Rabinovitch B., Maling J. E., Weissbluth M. — *Enzyme-substrate reactions in very high magnetic fields*. J. Biophys. J. 7: 187-204, 1967.
29. Maling J. E., Weissbluth M., Jacobs E. — *Enzyme-substrate reactions in high magnetic fields*. Biophys. J. 5: 767-776, 1965.
30. Abaszyn W. M., Jewtuszenko G. J. — *K woprosu wlijanija postojannogo magnitnogo polja na biologičeskie sistemy*. Biofizika 20: 276-280, 1975.
31. Valentinuzzi M. — *Rotational diffusion in a magnetic field and its magnetobiological implications*. Patrz poz. 10, t. 1, str. 63-73, 1964.
32. Papatheofanis F. J. — *A review on the interaction of biological systems with magnetic fields*. Phys. Chem. Phys. Med. NMR, 16: 251-255, 1984.
33. Bogoljubow W. M. — *Sostojanie i perspektivy issledowanij biologičeskogo i leczebnogo dejstwija magnitnych polej*. Wopr. Kurort. Fizikotier. Lecz. Fiz. Kult. 4: 1-5, 1981.
34. Gross L., Smith L. W. — *Wound healing and tissue regeneration*. Patrz poz. 10, t. 1, str. 140-145, 1964.
35. Barnothy M. F. — *Reduction of irradiation mortality through pretreatment*. Patrz poz. 10, t. 1, str. 127-131, 1964.
36. Barnothy M. F. — *Hematological changes in mice*. Patrz poz. 10, str. 109-126, t. 1, 1964.
37. Barnothy M. F. — *Magnetic fields and number of blood platelets*. Nature 255: 1146-1147, 1970.
38. Biggs M. W. — *Studies on biomagnetic effects in mice*. Patrz poz. 13, str. 40-41.
39. Eiselein J. E., Boutel H. M., Biggs M. W. — *Biological Effects of Magnetic Fields — Negative Results*. Aerospace Medicine 32: 383-386, 1961.
40. Kikut R. P. i in. — *Wozmożności primenenija magnitobiologičeskich efektow w neurochirurgii*. Wopr. Kurort. Fizikotier. Lecz. Fiz. Kult. 4: 18-24, 1981.
41. Kikut R. P. — *Wlijanie magnitnych polej na sistemu krwi i krowoobraszczenije*. Patrz poz. 11, str. 149-166.
42. Bogoljubow W. M. — *Biologičeskoe dejstwie postojannogo i peremennogo nizkocząstotnogo magnitnogo polja*. Wopr. Kurort. Fizikotier. Lecz. Fiz. Kult. 6: 64-69, 1978.
43. Gorczyńska E. — *Dynamika procesu zakrzepowego w świetle patogenezy hemostazy w warunkach działania stałego pola magnetycznego*. Rozprawy, nr. 96, Akademia Rolnicza, Szczecin, 1985.
44. Freyssinet J. M., Torbet J. — *Fibrinogen and fibrin structure and fibrin formation measured by using magnetic orientation*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 80: 1616-1620, 1983.

45. Torbet J., Dickens M. J. — *Orientation of skeletal muscle actin in strong magnetic fields*. FEBS, 173 (2): 403-406, 1984.
46. Torbet J., Ronziere M. C. — *Magnetic alignment of collagen during self-assembly*. Biochem. J. 219: 1057-1059, 1984.
47. Freyssinet J. M., Torbet J. — *Fibrinogen and fibrin in strong magnetic fields. Complementary results and discussion*. Biochimie 66: 81-85, 1984.
48. Easterly C. E. — *Cardiovascular risk from exposure to static magnetic fields*. Amer. Ind. Hyg. Assoc. J. 43 (7): 533-539, 1982.
49. Rusjaew W. F. — *Koaguljacionnye swojstwa trombocitow w postojannom magnitnom pole*. Probl. Gematol. Pereliw. Krowi 24: 19-23, 1979.
50. Chen C., Heinson R. J., Mulay L. N. — *Effect of electrical and magnetic fields on chemical equilibrium*. J. Phys. Soc. Japan 25: 319-322, 1968.
51. Liboff R. L. — *Neuromagnetic Thresholds*. J. Theor. Biol. 83: 427-436, 1980.
52. Chen I. I. H., Saha S. — *Analysis of an intensive magnetic field on blood flow*. J. Bioelectricity 3: 293-198, 1984.
53. Kozakow W. P. — *K woprosu o wlijanii wniesznego magnitnogo pola na skorost reakcji w rastworie*. Z. Fiz. Chem. 39: 1798-1799, 1965.
54. Gonet B. — *Influence of Constant Magnetic Fields on Certain Physicochemical Properties of Water*. Bioelectromagnetics 6: 169-175, 1985.
55. Wolkensztejn M. W. — *Biofizika w krywom zerkale*. Nauka i Zhizn 7: 62-66, 1977.
56. Labes M. M. — *Possible explanation for the effect of magnetic fields on biological systems*. Nature 211: 968, 1966.
57. Gennes de P. G. — *The Physics of Liquid Crystals*. Claredon Press, Oxford, 1974.
58. Kawamura Y., Sakurai I. — *Magneto-Orientation of Phospholipids*, Mol. Cryst. Liq. Cryst. 67: 77-88, 1981.
59. Bresler S. E. i in. — *Wlijanie silnych magnitnych polej na aktywnyj transport w choroidnom spletenii*. Dokł. Akad. Nauk SSSR 242 (2): 465-468, 1978.
60. Wadas R. — *Biomagnetyzm*. PWN, 82-95, Warszawa, str. 82-95, 1978.
61. Kopanew W. I. i in. — *O biologiczeskom dejstwii na organizm gipogeomagnitnoj sredy*. Izw. Akad. Nauk SSSR, ser. Biol. 3: 342-352, 1979.
62. Conley Ch. C. — *Effects of near-zero magnetic fields upon biological systems*. Patrz poz. 10, t. 2, str. 29-51, 1969.

WARTOŚCI DYDAKTYCZNE PODRĘCZNIKA KRZYSZTOFA KLUKA „BOTANIKA DLA SZKÓŁ NARODOWYCH”*

W dwusetną rocznicę wydania w Warszawie sławnego podręcznika ks. Krzysztofa Kluka pt. „Botanika dla szkół narodowych” niełatwo jest wnieść nowe elementy do bogatej literatury bezpośrednio, bądź pośrednio dotyczącej tego dzieła.

Ta zewnętrznie niepozorna książka o wymiarach ok. 10 × 18 cm, obejmująca łącznie 238 stron tekstu oraz 6 tablic z 126 rysunkami, ujrzała światło dzienne w połowie 1785 roku w „Drukarni Nadworney J. K. Mci i P. Kem. E. N.”.

Obszerna „Aprobacya” z dnia 14 stycznia 1785 roku umieszczona na odwrocie karty tytułowej wskazuje, że książka ta została napisana przez ks. Krzysztofa Kluka kanonika katedralnego inflanckiego, dziekana drohickiego i zarazem proboszcza ciechanowieckiego. Zbyt daleko więc sięgał sąd A. Macieszy (1923)¹, że ta „Botanika” „jest owocem pracy zbiorowej a w pierwszym rzędzie P. Czempińskiego i X. Kluka”. Nie znajduje on uzasadnienia w treści „Aprobacji”. Nie wiadomo na jakiej podstawie Z. Fedorowicz przesunął termin wydania „Botaniki” na 1786 rok (Z. Fedorowicz 1962).

Nie w pełni zostały wyjaśnione dalsze losy tego podręcznika oraz długość okresu jego użytkowania w szkołach polskich i oddziaływania na nauczanie botaniki w naszym kraju. Pod tym samym tytułem ukazały się dwa wydania „Botaniki” (I — w 1785 w Warszawie, II — w 1787 w Wilnie) (J. Kołodziejczyk 1932, Z. Koszek 1983)². Trzecie (wzgl. czwarte) wydanie to „Botanika dla szkół publicznych dzieło elementarne, ułożone przez X. Kluka — przejrzone i pomnożone układem przyrodzonym przez Ben. Wierzbickiego nauczyciela szkół i pensyi. Wydanie drugie” (J. Kołodziejczyk 1932, Z. Koszek 1983) pochodzi z 1833 roku. Łącznie więc posługiwali się nim uczniowie i nauczyciele przez co najmniej pół wieku, a z pewnością znacznie dłużej (B. Hryniewicz 1949, W. Karpowicz 1963).

* Tekst przedstawiony na posiedzeniu Zespołu Historii Botaniki, Instytut Historii Nauki, Oświaty i Techniki PAN w dniu 21 listopada 1985 r.

¹ A. Maciesza. Dr Medycyny Paweł Czenpiński. Lwów-Warszawa, 1923, s. 94.

² Informują o tym: J. Kołodziejczyk (za Estreicherem). Ks. Krzysztof Kluk, dzieła i twórczość. Warszawa, 1932, s. 131. Z. Kosiek. Botanika. Warszawa, 1983, s. 425.

³ B. Hryniewicz. Zarys dziejów botaniki. Warszawa, 1949, PZWS str. 50: „..... napisał

Właściwy tekst Botaniki K. Kluka (z pominięciem objaśnień rycin oraz słownika) zajmuje niewiele więcej niż 100 stron współczesnego znormalizowanego maszynopisu, czyli niecałe 5 arkuszy wydawniczych. Uwzględniono w nim około 660 nowych polskich terminów naukowych (a łącznie z łacińskimi 819 — wg. K. Uszyński 1969). W porównaniu z współczesnymi podręcznikami jest więc bardzo zwięzły. I tak np. aktualnie obowiązujące w klasie II i III liceum ogólnokształcącego podręczniki⁴ obejmują po 22 arkusze wydawnicze tekstu. Powszechnie jednak uważa się, że przekazują one zbyt mało informacji niezbędnych absolwentom liceum przy egzaminie wstępnym na wyższe uczelnie i wykorzystuje się podręczniki zagraniczne o objętości 72-77 arkuszy wydawniczych zawierające ponad 2,5 tys. nowych pojęć⁵. Nierzadko przy tym poleca się uczniom 2 a nawet 3 różne podręczniki. Rozważania nad „Podręcznikiem — Jubilatem” nieuchronnie więc prowadzą do refleksji nad współczesnymi polskimi podręcznikami biologii.

Warunki oraz proces powstawania podręczników polskich, w tym i „Botaniki dla szkół narodowych”, w czasach Komisji Edukacji Narodowej zostały bardzo szeroko przeanalizowane i scharakteryzowane w odrębnych publikacjach (m.in. J. Kołodziejczyk 1932, 1936, A. Maciesza 1923, Cz. Majorek 1975, I. Stasiewicz-Jasiukowa 1976, W. Stawiński 1973a, 1973b, 1974). Nie mniej dokładnie przebadano i przedstawiono źródła informacji naukowych, z których korzystał ks. Krzysztof Kluk podczas opracowywania tekstu „Botaniki” (m.in. G. Brzęk 1957, B. Hryniewiecki 1948, 1949, A. Maciesza 1923, K. Mrozowska 1958, J. Kołodziejczyk 1932, 1936, I. Stasiewicz-Jasiukowa 1976). Opinie odnośnie naukowego poziomu pracy K. Kluka są krańcowo rozbieżne, a niektóre spośród negatywnych wielce subiektywne. Doszukiwanie się w podręczniku oryginalnych naukowych poglądów autora należy uznać za mało uzasadnione, gdyż nawet współcześni autorzy podręczników biologii dla szkół średnich przekazują informacje naukowe czerpane z wielu źródeł, a bardzo wyjątkowo tylko wyniki własnych badań.

Należy przytoczyć tu opinię J. Kołodziejczyka (1932), który uwzględniając ówczesny stan wiedzy przyrodniczej uważał, że „(...) tak fizjologia, jak i anatomia w naszym podręczniku stały zupełnie na poziomie ówczesnej wiedzy (...)”⁶.

Za podstawę analizy i oceny wartości dydaktycznych podręcznika botaniki K. Kluka przyjęto w dalszych rozważaniach z jednej strony wymagania stawiane autorowi przez Towarzystwo Ksiąg Elementarnych stanowiące

on również podręcznik Botaniki dla szkół narodowych (1 w. 1785), który w kilku wydaniach służył kilkadziesiąt lat szkołom polskim”. W. Karpowicz. *Metodyka nauczania biologii*. Warszawa, 1963, PWN, s. 7; pisze, że podręczniki ks. Kluka „służyły do nauki przez długie lata”.

⁴ Z. Podbielkowski, T. Umiński, L. Palka, M. Podbielkowska. *Biologia dla klasy II liceum ogólnokształcącego*. Warszawa, 1975, WSiP, wyd. II; A. Jasiński, Z. Starck, T. Umiński. *Biologia dla klasy III liceum ogólnokształcącego*. Warszawa, 1975, WSiP.

⁵ J. W. Kimball. *Biologia*. Warszawa, 1979, PWN. P. B. Weisz. *Zarys biologii*. Warszawa, 1969, PWN. C. A. Villee. *Biologia*. Warszawa, 1976, PWRiL.

⁶ J. Kołodziejczyk. *Ks. Krzysztof Kluk, dzieła i twórczość*. Kraków, 1932, PAU, s. 115.

odzwierciedlenie ówczesnej teorii podręcznika (Cz. Majorek 1975), z drugiej natomiast założenie współczesnej teorii podręcznika szkolnego w ogóle oraz podręczników przedmiotów przyrodniczych — w tym podręcznika biologii w szczególności. W przypadku pierwszym pomocne były opracowania szeregu autorów (G. Brzęk 1957, J. Kołodziejczyk 1932, Cz. Majorek 1975, K. Mrozowska 1958, W. Wisłocki 1899). W drugim natomiast, ze względu na nieliczne wzmianki na ten temat w dostępnej literaturze, oparto się głównie na własnych analizach i sądach. Pewne informacje dotyczące stopnia uwzględnienia przez K. Kluka życzeń Komisji Edukacji Narodowej zawierają wypowiedzi członków Towarzystwa Ksiąg Elementarnych i dokumenty ich działalności. Najbardziej wnikliwą i rzeczową pedagogiczną i ogólnodydaktyczną charakterystykę tego podręcznika opracował Cz. Majorek (1975). Natomiast wybrane metodyczne aspekty „Botaniki” zostały dotychczas przedstawione przez J. Kołodziejczyka (1932) znanego autora podręczników i innych opracowań przeznaczonych do użytku szkolnego, jak również przez K. Uszyńskiego (1969) i W. Stawińskiego (1973a, 1973b).

KONCEPCJA I KONSTRUKCJA PODRĘCZNIKA

Zarys teorii podręcznika powstawał sukcesywnie w toku kilkunastoletniej działalności Towarzystwa Ksiąg Elementarnych. Jego opracowanie stanowi bardzo ważny i trwały składnik osiągnięć Komisji Edukacji Narodowej (Cz. Majorek 1975).

Szczegółowa koncepcja podręczników historii naturalnej kształtowała się przy współudziale autorów szeregu projektów i częściowo opracowanych tekstów przyrodniczych książek szkolnych (W. Stawiński 1973a, 1974). Członkowie Towarzystwa rozpatrując najpierw prospekty Rieula, M. Hubego, J. Ch. Duboisa i J. Carosië'go a następnie K. Kluka i dyskutując nad nimi krystalizowali swe poglądy na temat wymogów jakim winien odpowiadać nowoczesny podręcznik botaniki, czy zoologii. Dopiero bowiem po przeanalizowaniu opracowanego przez K. Kluka prospektu podręcznika historii naturalnej powstał projekt „ułożony przez doktorów Jaśkiewicza i Czenpińskiego”⁷.

Według tego projektu, ale nie bez wewnętrznych oporów i drobnych odchyśleń opracował ks. K. Kluk swą „Botanikę”, starając się uwzględnić słuszne życzenia i wskazówki Towarzystwa. W myśl wymagań Komisji Edukacji Narodowej⁸ podręcznik ten winien być dostosowany do programów szkół średnich oraz możliwości intelektualnych i potrzeb uczniów, uwzględniać

⁷ Tamże, str. 102-104, oraz na stronach 153-168 „Prospekt Książki Elementarney Botaniczney” przedrukowany wg. oryginału znajdującego się w Warszawie w Archiwum Głównym E. 28, 373-381.

⁸ Wymagania stawiane przez Towarzystwo Ksiąg Elementarnych podręcznikom w ogóle oraz podręcznikom historii naturalnej i ich autorom zestawili Cz. Majorek w pracy pt. Książki szkolne Komisji Edukacji Narodowej. Warszawa, 1975, WSiP. Zawierały je m.in. „Obwieszczenia” KEN (1775), czy wypowiedzi G. Piramowicza.

także potrzeby gospodarcze i społeczne kraju, przygotowywać uczniów do pełnienia obowiązków domowych i społecznych.

Dużą wagę przypisywano również poprawności naukowej i językowej tekstu podręcznika. Od autorów wymagano by posługiwali się polską terminologią naukową, a przy tym wypowiadali się prostym komunikatywnym językiem. Zgodnie z zasadą przystępności treści nauczania winni oni wychodzić od treści łatwiejszych i znanych uczniom a dopiero następnie omawiać zagadnienia trudniejsze i nieznane uczniom. Domagano się preferowania w podręcznikach przyrodniczych empirycznego, umysłowego poznawania przez uczniów przyrody, np. na drodze obserwacji organizmów i ich procesów życiowych. Analiza szczegółowych danych (zwłaszcza obserwacyjnych) miała prowadzić do uogólnień i wniosków a więc do syntezy wiadomości. Podręcznik miał zgodnie z tymi wymaganiami ułatwiać uczniom samodzielne opanowywanie treści (Cz. Majorek 1975).

W konspekcie przedstawionym K. Klukowi⁹ postulowano podanie w części wstępnej podręcznika definicji botaniki jako nauki oraz miejsca roślin w przyrodzie, następnie omówienie wegetatywnych i generatywnych organów roślin oraz układu, czyli systematyki roślin. Z planu tego nie wynika fizjologiczne ujęcie wstępu i części pierwszej podręcznika poświęconej morfologii roślin. Brak w tym planie było także wzmianki o „Przydatku” i słowniczku. Te elementy podręcznika powstały więc dzięki własnej inicjatywie K. Kluka. Dokładną charakterystykę układu podręcznika podają inni autorzy (np. J. Kołodziejczyk 1932, Cz. Majorek 1975, Z. Uszyński 1969) wydaje się więc zbędne ponowne jej przytaczanie. Wyłania się obecnie pytanie, jakie funkcje dydaktyczne zostały przez K. Kluka uwzględnione w podręczniku „Botaniki”? Odpowiedzi na ten problem szukano dokonując analizy tekstowych i pozatekstowych elementów tego podręcznika oraz posługując się współczesnymi kryteriami ich oceny. Bezspornie na czołowym miejscu należy usytuować funkcję informacyjną „Botaniki dla szkół narodowych”.

Krzysztof Kluk dążył do udostępnienia uczniom najważniejszych wiadomości o budowie, życiu i znaczeniu roślin w gospodarce człowieka oraz zarysu ich systematyki. Świadomie dokonywał selekcji i doboru podstawowych informacji naukowych w oparciu o różne, głównie z zaleceń Komisji Edukacji wynikające, kryteria dydaktyczne.

Botanikę jako naukę ujmował dynamicznie, ukazując na szeregu przykładach jej dotychczasowy rozwój, dziedziny i zagadnienia niewystarczająco zbadane i wymagające wyjaśnienia a na tym tle poglądy i zasługi zagranicznych i krajowych botaników. Przy tej okazji stwierdzał, że „(...) mieliśmy też i naszych Polaków jako to Marcina z Urzędowa i Syreniusza w ojczystym języku piszących o roślinach: któreśmy dzieł do tej elementarnej nauki używali” (str. 4). Nie krył się ze swym podziwem i uznaniem dla osiągnięć K. Linneusza, gdyż m.in. „Ten zaciekłszy się głębiej niż insi w tajemnice przyrodzenia; dociekł tego o czem się dawniejszym tylko marzyło: to jest, dociekł płci w kwiatach, podług onejże swój układ (systema) zrobił” (str. 4).

⁹ J. Kołodziejczyk, 1932.

Natomiast krytycznie analizował i oceniał poglądy uczonych nie oparte na solidniejszych podstawach naukowych. Często przedstawiał swe własne stanowisko odnośnie różnych problemów naukowych, zwłaszcza dyskusyjnych. Wskazywał także, co rzadko ma miejsce we współczesnych podręcznikach, źródła informacji na których oparł tekst podręcznika.

Będąc przekonany o konieczności selekcji treści nauczania i doboru ograniczonej liczby szczegółowych zagadnień uważał, że winny one być przedstawiane na nieco szerszym tle. Dlatego też informował w części wstępnej: „więc i my lubo trzymający się układu Van Royena i insze oraz sławniejsze w krótkości przebieżemy” (str. 7). Z podziwu godną konsekwencją dążył do przekazywania uczniom najbardziej aktualnych wiadomości, np. przy wyjaśnianiu funkcji liścia odwołuje się do wyników badań nad zależnościami między transpiracją a szybkością przewodzenia „soków” w roślinie oraz wskazuje na udział liści roślin w odświeżaniu powietrza (str. 71).

Na konkretnych przykładach bardzo interesująco podkreśla znaczenie empirycznych, doświadczalnych badań pozwalających na zweryfikowanie wcześniejszych naukowych przypuszczeń, np. znaczenie badań nad generatywnym rozmnażaniem się roślin i rolę pręcików oraz słupków. Uważa przy tym, że „(...) słusznie je nawet późniejsi botaniści za części kwiatu rodzajne (*partes generationis*) uznali: i płeć między kwiatami, równie, jak między zwierzętami, ustanowiwszy, pręciki pyłkowe samcami, słupek zaś z zarodkiem samicą nazwali” (str. 113)¹⁰. Nieco dalej wzmacnia ten sąd, pisząc „Jest tedy rzecz pewna, że między kwiatami znajdują się samce i samice (...). Kwiat samiec, jako płodzący dla pyłku w główkach zawartego, jest koniecznie roślinie potrzebnym, ale tylko kwiat samica ziarno daje” (str. 115). Ilustruje także trudności na jakie natrafiają przyrodnicy w klasyfikacji niektórych grup organizmów, np. w przypadku ustalania przynależności systematycznej grzybów, które jedni z nich uważali za zwierzęta inni zaś za rośliny. Wskazuje, że grzyby są czasem określane jako „zwierzęta roślinne” (str. 167). Wobec współczesnych dyskusji na ten temat wskazane byłoby przytoczenie wymienionego fragmentu „Botaniki” K. Kluka w dzisiejszych podręcznikach biologii.

Dydaktyka biologii uderza wielką troską K. Kluka o zaznajomienie uczniów z poprawną terminologią naukową (str. 6). Wyraża się ona w podkreśleniu wszystkich nowych terminów odrębną czcionką oraz podawaniu definicji odpowiadających im pojęć, a także w zwracaniu uwagi na różnice zachodzące między językiem naukowym i potocznym. Zaznając uczniom np. z trawami wyjaśniał, że „w pospolitym mówieniu nazywamy wprawdzie wszystkie te rośliny trawą, które na siano koszone bywają; lecz w układowym porządku, wcale się to ma inaczej” (str. 172).

¹⁰ Oczywiście K. Kluk ma na myśli zalążnię i ewentualnie zalążek, a nie zarodek w dzisiejszym rozumieniu tego terminu. Na tę oczywistą różnicę nie zwrócił uwagi Cz. Majorek w swej pracy „Książki szkolne...”, pisząc o „zapładnianiu zarodka kwiatów przez owady” (str. 137).

Dążył także do korygowania pseudonaukowych poglądów dotyczących życia roślin. Prostuje więc np. błędne sądy rozpowszechnione wśród ludzi o możliwościach spontanicznego przekształcania się jednych gatunków roślin uprawnych w drugie, pisząc „Błędem więc jest rozumieć, ażeby z jednego gatunku ziarna inny gatunek rośliny, np. z żyta miotła lub kostrzewa wyrosnąć miały, błąd ten pochodzi stąd, że pewnych czasów ziarna posiane, zaraz nie wschodzą, a na ich miejsce czasem wschodzą takie, o których niewiadomo jakim sposobem się tam dostały” (str. 135). Dopiero na tym tle scharakteryzował różnorodne przystosowania nasion do rozsiewania się.

Cechą wyróżniającą ten podręcznik jest logiczna struktura treści i dążenie do unaocznienia jej czytelnikowi przez przedstawianie układu, nie tylko całego podręcznika, lecz również poszczególnych części i rozdziałów oraz fragmentów tekstu. Ta tendencja jest wyraźnie widoczna we wprowadzeniu do części I (str. 7-8), a szczególnie do części II podręcznika, w którym są następujące informacje: „Porządek takowy nazywa się układ (systema). Powiemy teraz, co on jest, iloraki być może, jakie są jego części, i.t.d. Przebiegłszy potem krótko niektóre znaczniejsze układy, szczególnie nad tem się zabawimy, który dla poczynających zdaje się być najłatwiejszym” (str. 142). Podkreśla ją w I części numeracja nowowprowadzanych terminów morfologicznych i objaśnień (od 1 do 253). Ponadto wprowadzanie jasnych na ogół podziałów omawianych elementów budowy roślin, bądź ich funkcji. I tak np. w opisie tkankowej budowy organów roślinnych K. Kluk wyróżnił „pierwiastki stałe i płynne” (str. 8) i przedstawił zwięzłą, ale zarazem interesującą, ich charakterystykę (str. 9-10) — w tym bardziej szczegółowe podziały elementów budowy, stale podkreślając zależności zachodzące między budową i funkcją. Ta funkcjonalna analiza budowy tkanek i organów roślinnych charakteryzuje całą I część podręcznika. Ponadto zwraca uwagę dynamiczne ujmowanie procesów życiowych roślin, ukazywanie ich powiązań z wpływem czynników zewnętrznych (np. str. 17-18, 70-71 i dalsze) i cyklem rozwojowym roślin (str. 25). Zgodnie z życzeniem Towarzystwa Ksiąg Elementarnych opis każdego organu, korzenia, łodygi, liści kwiatu rozpoczyna od podania jego nazwy i definicji. W niej zwykle zawarta jest ogólna charakterystyka tego organu. Sposób ujęcia tych definicji ilustrują dwa następujące przykłady: — „Pień, jest to część rośliny nad ziemią, która, wyrastając z wierzchniej części korzenia, wszystkie nadziemne jej części na sobie dźwiga i wziętym z korzenia pożywieniem rośnie (...)” (str. 37); — „Liście, są to konczyki gałązek, lub pnie wypłaszczone, pospolicie zielone; służą roślinie szczególnie do wziewania i wyziewania tak powietrza jako i soków” (str. 47). Dopiero po tym przedstawia przykłady różnorodności form i zmienności omawianych organów.

Poszczególne zagadnienia umiejętnie wiąże ze sobą w tekście zapowiadając przejście od jednego do drugiego tematu, np. „Teraz pomówmy co w wschodzeniu posianego z ziemi ziarna” (str. 136). W przeglądzie gromad, zamieszczonym w części II, zwraca uwagę bardzo logiczny opis charakterystycznych cech taksonomicznych roślin do nich zaliczanych z uwzględnieniem budowy ich narządów wegetatywnych i generatywnych.

K. Kluk dokonywał stale selekcji treści, mając na uwadze względy naukowe, potrzeby i możliwości ucznia oraz gospodarki krajowej. W ustalaniu zakresu i układu treści kierował się jednak głównie względami dydaktycznymi. Tymi względami uzasadnia np. wprowadzenie własnego podziału organów roślin: „Choć więc Roślinopisarze (Botanicy), wszystkie te części dwojako tylko dzieląc na części wzrostu (*partes vegetationis*) i na części owocowania (*partes fructificationis*); my jednakże czworaki czynimy podział, który i z natury wypływa, i poznać ich ułatwia” (str. 8).

Z dzisiejszego punktu widzenia za zbyt szczegółowe należałoby uznać opisy morfologii liści, kwiatów, owoców, czy nasion. K. Kluk zwracając uwagę na różnorodność układów roślin (str. 147-148) uzasadnia względami dydaktycznymi, a mianowicie większą przystępnością, wybór jednego z nich. Przy tej okazji poprawnie i interesująco podkreśla walory systemu opartego na budowie owoców (str. 43-146). Wskazuje na niedoskonałość układów opartych na kryterium praktycznego wykorzystania roślin (str. 147) oraz wyższość systemu opartego na istotnych cechach ich budowy wyjaśniając, że „w tym bowiem układzie po znakach pewnych, przechodzimy do poznania każdej rośliny, a dopiero poznawszy ją możemy dochodzić jej powinności i przydatności” (str. 147).

Jasno ujmuje trudności występujące w pracach nad systemem sztucznym, określanym jako „układ kunsztowny (*systema artificiale*)” oraz przedstawia wyższość systemu naturalnego („*systema naturale*”), w którym rośliny są tak „zgromadzone i ułożone, jakim je porządkiem ułożyła natura” (str. 148). Istnienie luk w tym systemie tłumaczy niewystarczającą znajomością roślin (str. 150). Mając na uwadze niewielkie doświadczenie i możliwości uczniów ogranicza się do przedstawienia gromad roślin oraz kilku ich krajowych zwykle przedstawicieli (2-5). O podjęciu takiej decyzji informuje czytelników na str. 154. Dobrze byłoby, gdyby wszyscy autorzy podręczników biologii zawsze mieli te względy na uwadze! Postępuje jednak, z pewnością świadomie¹¹, chociaż zarazem bardzo niekonsekwentnie przedstawiając, niepotrzebnie aż na 9 stronach (152-163), przykłady systemów różnych autorów, w tym i systemu Linneusza mimo iż dalej posługuje się tylko zmodyfikowanym systemem Van Royena. Bardzo słuszna i trafna jest ocena dokonana przed pięćdziesięciu laty przez J. Kołodziejczyka (1932), że „opisy gromad których schemat dał Czenpiński w swym prospekcie, są bardzo dokładne i wręcz napisane znakomicie”¹². Poprzestanie na opisie kilkunastu rodzin pospolitych roślin podwyższa, zdaniem J. Kołodziejczyka, wartość „Botaniki”, „która w części systematycznej odpowiada nieomal dzisiejszym dążeniom pedagogicznym”¹³.

Przy bardziej stosownej do tego okazji K. Kluk wskazuje na praktyczną przydatność wiedzy botanicznej oraz przedstawia konkretne informacje z tego

¹¹ Źródła tego rodzaju postępowania szczegółowo omawiają J. Kołodziejczyk, 1932 i Cz. Majorek, 1975.

¹² J. Kołodziejczyk, 1932, s. 129.

¹³ J. Kołodziejczyk, 1932, s. 130.

zakresu. Fakt ten szeroko omawiają autorzy prac poświęconych „Botanice” K. Kluka i innym jego dziełom. Nas interesuje obecnie sposób ujmowania przez K. Kluka tej tematyki. K. Kluk jako znany autor i popularyzator wiedzy przyrodniczej nie miał z pewnością większych trudności w doborze i opisie przykładów praktycznych zastosowań wiadomości z zakresu fizjologii, morfologii i systematyki roślin. I tak, analizie budowy tkanek („pierwiastków stałych”) towarzyszą krótkie wzmianki o wykorzystywaniu włókien lnu i konopi („włókno takowe, lubo widzieć możemy na lnie, lub na konopiach w przedziwo przerabiających się (...)” — str. 10), a opisowi właściwości drewna krótkie uwagi o jego obróbce (str. 11). W oparciu o wiadomości z fizjologii roślin wyjaśnia znaczenie różnych zabiegów agrobiologicznych, np. konieczność zapewnienia roślinom uprawnym urodzajnej gleby (str. 22). Przy opisie „Części zewnętrznych do rozmnażania i rodzenia roślin potrzebnych” zamieszcza informacje na temat szpceń drzew owocowych i wegetatywnego rozmnażania roślin. „Ręka ludzka zażywa oczek na poprawę owoców przez oczkowanie: stąd szcepienia, kożuchowanie itd. drzew, o czym u ogrodników, lub w pismach ogrodniczych dowiedzieć się można. Upewniają się ci, którzy tego doświadczali, że oczka same sadzone w ziemię, puszczają korzenie, i w drzewa wyrastają: wszakże to pewne, że roszczka np. wierzbowa, w ziemi utkwiona, z oczek wypuszcza korzenie” (str. 89). Także „Ręka ludzka przez oddzielenie tych trojakich oczek przykorzeniowych zostawując część znaczną korzenia: od cebulowych odbierając młode cebulki, rozmnaża rośliny prędey i doskonalej, niżeli przez ziarno, jako wiadomo jest ogrodnikom” (str. 92). Dalej na tle analizy fizjologii procesu kiełkowania wyjaśnia K. Kluk wpływ głębokości siewu, np. ziarniaków zbóż, na jakość kiełkowania i rozwój siewek (str. 137). Czyni także wzmiankę o chorobach roślin i możliwościach ochrony roślin przed nimi (str. 140).

W części II poświęconej systematyce roślin przy przeglądzie poszczególnych grup systematycznych wymienia wśród ich przedstawicieli najczęściej rośliny uprawne i lecznicze względnie trujące. Przygotowuje więc uczniów do stosowania ziół w celach leczniczych, ostrzega także przed możliwościami zatrucia grzybami (str. 168). Przypuszcza, że porosty mogą być przez człowieka wykorzystywane nie tylko w celach leczniczych, np. „porost islandzki” (tj. prawdopodobnie płucnica islandzka, *Cetraria islandica* (L.) — str. 170), gdyż „Jeszcze nie jest wiadomo, na co się wiele z takowych porostów przyda, niemało się ich przecież zażywa do różnego farbowania; niektóre są pastwiskiem dla zwierząt” (str. 169).

Funkcja informacyjna podręcznika „Botaniki” K. Kluka wiąże się ściśle z motywacyjną. Autor zaznajamia uczniów z celami i zadaniami botaniki oraz jej strukturą, z kryteriami doboru określonych treści oraz ich układem, z swoimi trudnościami i wątpliwościami (np. str. 6). Tego rodzaju uwagi podawane są nie tylko we „Wstępie” lecz również na początku kolejnych rozdziałów. Świadczy o tym wymownie fakt zamieszczony na początku rozdziału II.: „zacniemy więc od części, roślinom do życia i wzrostu potrzebnych, to jest bez których one żyć i rosnąć nie mogą. Takimi są korzeń (*radix*), pień (*caulis*), liście (*folia*). Nauczmy się co one są? ilorakie i co u nich

lub przez nie czyni przyrodzenie?” (str. 28). Dalej wyjaśnia np., że ze względów praktycznych, a więc z uwagi na dokładniejszą orientację w różnorodności liści konieczne jest przyjęcie adekwatnych i jednoznacznych ich podziałów „do którychby każde liście mogło być należycie przystosowane” (str. 48). Mobilizuje ucznia wielokrotnie do świadomego i aktywnego posługiwania się podręcznikiem. Czyni to prawie niezauważalnie. Np. na początku rozdziału V. wskazuje, że kwiaty i owoce są organizmami roślin służącymi ich rozmnażaniu a następnie stwierdza: „Kwiat zawsze przed owocem rozwija się, dlatego też najpierw o kwiecie mówić będziemy” (str. 93). Wymienia więc podstawowe części kwiatu i krótko wstępnie je charakteryzuje. Po czym komunikuje: „O wszystkich tych częściach wiele mamy rzeczy potrzebnych do nauczania się, w czym abyśmy sobie porządnie postąpili, pomówimy najprzód o częściach kwiatu przypadkowych, a potem o częściach jego istotnych. Poznawszy to wszystko, przystąpimy do wiadomości powszechnych o kwiatach i zakończymy naukę o owocach i w nich znajdujących się ziarnach” (str. 94).

W części drugiej, o czym już wcześniej wspomniano, tłumaczy uczniom dlaczego i jakie uproszczenia i modyfikacje przy przedstawianiu systemu roślin wprowadza oraz jakimi względami się kieruje, łącząc np. elementy systemu naturalnego i sztucznego.

Tak poważne traktowanie ucznia jako czytelnika podręcznika powoduje, że staje się on nieomal partnerem i współautorem tej książki. Ks. Krzysztof Kluk wykazał duże doświadczenie i wyczucie pedagogiczne, gdyż umiejętnie kieruje procesem uczenia się uczniów w oparciu o tekst podręcznika, uczy ich dokonywania analizy tekstu i ilustracji; porównywania, przetwarzania i integrowania wiadomości oraz posługiwania się nimi w praktycznym działaniu, np. w czasie rozpoznawania i zbierania roślin, czy wykorzystywania zielników. W pewnej więc mierze kieruje także kształtowaniem umiejętności uczniów. Można więc zaryzykować twierdzenie, że uwzględnia w swej książce również i dalsze funkcje dydaktyczne podręcznika, jak np. transformacyjną, samokształceniową, czy też kontrolną. Nietrudno doszukać się w tekście podręcznika dowodów świadczących o respektowaniu większości współcześnie formułowanych zasad dydaktycznych, w tym poza wcześniej wymienionymi, zasady wiązania teorii z praktyką, zasady pogłębliwości, zasady stopniowania trudności i zasady trwałości wiedzy.

Pogłębianiu zrozumienia opanowywanych wiadomości oraz ich integrowaniu i utrwalaniu sprzyjało porównawcze ujmowanie wielu zagadnień. Porównuje poglądy uczonych, budowę i czynności życiowe roślin, czy różne systemy roślin. Nie unika porównywania czynności i budowy roślin oraz zwierząt, np. porównuje oddychanie i organy oddychania u roślin i zwierząt i wyciąga wnioski, że podobnie „jak przyrodzie zwierzętom do oddychania dało płuca, tak roślinom dało rurki powietrzne (...)” (str. 19). Wprowadza nawet, pozornie zaskakujące i zarazem plastyczne, porównanie nasion roślin (względnie ziarniaków) z jajami ptaków (J. Kołodziejczyk 1932). Dochodzi do wniosku, że „Tak wielkie zachodzące między ziarnem roślin, a jajami ptasząt podobieństwo, iż słusznie niektórzy roślinopisarze nasiona nazwali

jajami rośliny (ovum plantae) (...)” (str. 153-154). Podaje następnie interesujące uzasadnienia takiego stanowiska, które i dzisiaj wzbudziłyby zaciekawienie uczniów.

Na każdej prawie stronie autor wyjaśnia budowę tkanek i organów roślin, czynności życiowe (np. mechanizm przewodzenia substancji płynnych w roślinie) zależności między budową i funkcjami życiowymi, wpływ różnorodnych czynników na przebieg omawianych procesów życiowych, wprowadzane klasyfikacje organów roślinnych, czy systemy roślin. Ciekawie tłumaczy jednolitość i dwupienną roślinę, proces zapylenia oraz rozwoju owoców (str. 129-130), czy kiełkowania nasion (str. 136-137). Uczy w ten sposób uczniów analitycznego, krytycznego podejścia do wiedzy zdobywanej w szkole. Zwraca uwagę na różnice między materiałem rzeczowym, zawartym w podręczniku, a wiedzą zgromadzoną przez botaników.

Systematycznie i umiejętnie kieruje przebiegiem procesu poznawania życia i budowy roślin przez uczniów. Opis tkanek i organów roślin wiąże z analizą rycin zamieszczonych na tablicach. Niezależnie od objaśnień rycin, podawanych w tekście, przekazuje ich szczegółowy opis (str. 221-228) w wykazie tablic. Traktuje więc rysunki jako źródło informacji stanowiących uzupełnienie i dopełnienie tekstu. Ich analiza miała także przyczyniać się do lepszego zrozumienia zagadnień przedstawianych w tekście. Zdaniem Cz. Majorka (1975) odsyłanie uczniów do obserwowania budowy roślin pobudzało ich wyobraźnię i zainteresowania. Wskazuje na uogólniony charakter schematycznych rysunków. Przestrzega, w związku z tym, uczniów przed zbyt pochopnym identyfikowaniem każdego rysunku z konkretną rośliną, gdyż „(...) w jednej figurze połączone są rysunki i postaci, w różnych roślinach znajdujące się” (str. 29). Takie rozwiązanie miało z pewnością na celu ograniczenie liczby rycin i tablic oraz kosztów związanych z ich wykonywaniem. Ze względu jednak na możliwość powstawania błędnych skojarzeń nie zasługuje na pochwałę. Nie jest bowiem dydaktycznie poprawne.

Szczególną rolę przypisywał K. Kluk bezpośrednim obserwacjom budowy roślin. Omawiając różnicowanie kształtów poszczególnych organów rośliny (korzeni, łodygi, liści czy kwiatów) przytacza nazwy roślin mających tak ukształtowane organy, zachęca do obserwacji i porównywania spostrzeżeń z rycinami na tablicach. Zwraca także uwagę na konieczność dostrzegania i wyodrębniania cech istotnych w budowie obserwowanych organów, np. „W każdym liściu następujące części uważać potrzeba, to jest dwa końce, dwie płaszczyzny i brzeg” (str. 47). Wskazuje także na zmiany kształtów zachodzące w rozwoju organów. Przy rozpoznawaniu roślin zaleca, ze względu na zmienność (modyfikacyjną) różnych ich organów objęcie obserwacją większej ich liczby, zwłaszcza kwiatów. Wypada w tym miejscu oddać głos autorowi podręcznika: „Dlatego też ostrzeżenia są tu dane, aby każdy poczynający, gdy kwiaty takiej rośliny układowym sposobem uważać będzie, nigdy na jednym kwiatku nie przestał, ale żeby w większą ich liczbę, z równą pilnością wpatrywał się, póki znaków układowych w kilku kwiatkach jednostajnie nie znajdzie” (str. 211-212).

Dążenie do integrowania i utrwalania wiadomości uzewnętrznia się w

powtarzaniu pewnych informacji i podziałów (np. elementów budowy str. 19) jako wprowadzenia do bardziej szczegółowego ich opisu, nawiązaniu nowych treści z wcześniej podawanymi, lub wreszcie na wprowadzaniu podsumowań niektórych części podręcznika (np. „Zamknięcie pierwszej części”) (str. 140-141).

Najwięcej ogólnych rozważań metodycznych, ukierunkowań i praktycznych wskazówek zawarł K. Kluk w końcowej części podręcznika, a mianowicie w tzw. „Przydatku” adresowanym, jak wynika z jego treści, głównie do nauczyciela. Część ta stanowi jakby pierwowzór polskich przyrodniczych opracowań metodycznych, tj. przewodników i poradników metodycznych do nauczania biologii. Jej wartości dydaktyczne akcentuje także K. Uszyński (1969). K. Kluk dzieli się w niej swymi obawami, że podstawowe i stosunkowo łatwe treści botaniczne przedstawione w obu głównych częściach jego podręcznika mogą „czytającym jednak zbyt zawiłe i zbyt trudne здаwać się (...)” (str. 209-210), jeśli się ich nie zilustruje przykładami konkretnych, właściwie w tym celu dobranych roślin charakteryzujących się dużą stabilnością cech. Uważa więc, że „Trzeba zatem takowe obierać rośliny, których części wzrostu i części owocowania, co do kształtu i liczby są zawsze stałe i nieodmienne (...)” (str. 210). Takie bowiem rośliny bywały uwzględniane przez autorów systemów roślin. Jeśli więc uczeń ćwiczyć się będzie we właściwym doborze roślin i analizie budowy ich kwiatów, to lepiej rozumieć będzie książki botaniczne i poprawnie rozpoznawać i opisywać rośliny (str. 212). Z tej części „K. Kluk dzieli się równymi praktycznymi sposobami, które jako wytrawny kolekcjoner flory miał dobrze wypróbowane” (K. Uszyński 1969)¹⁴.

Po opanowaniu umiejętności analizowania budowy morfologicznej roślin i ich klasyfikowania winien uczeń być zachęcany do zbierania, suszenia i przechowywania w zielniku znanych mu roślin. Dysponowanie takimi okazami roślin ułatwi mu zapamiętywanie i przypominanie sobie wiadomości dotyczących życia i budowy tych roślin „(...) każdego bowiem czasu ma na co okiem rzucić, a spojrzawszy na roślinę ususzoną; łatwiej sobie przypomni, jaka ona jest? jakie są jej części wzrostu? jakie części owocowania? co jej za użytek” (str. 212).

Co równie ważne przy tej okazji wzbudzi się u uczniów zainteresowanie zbieraniem i suszeniem roślin. Wskazówki K. Kluka dotyczące suszenia, zbierania, układania i objaśniania roślin na kartach zielnika (str. 213-219) dzięki swej dokładności i przejrzystości do dnia dzisiejszego nie zdezaktualizowały się i mogłyby znaleźć się w współczesnych zbiorach ćwiczeń. Podobnie nadal aktualne są słowa zachęty mające pomóc uczniom i nauczycielom w przewyciężaniu trudności i zniechęcenia, którymi zamyka K. Kluk tekst podręcznika. Dlatego też pozwolę je sobie przytoczyć *in extenso*: „Robota ta około roślin może się dla wielu здаwać przykra i trudna, lecz doświadczenie z czasem przyniesie łatwość; a taki zielnik (*herbarium siccum*)

¹⁴ K. Uszyński. Botanika dla szkół narodowych. Biologia w Szkole 1965, nr 5, s. 39.

¹⁵ Cz. Majorek, 1975, str. 138-140.

z dobrze ususzonych roślin złożony, zawsze słodką pamięć pracy, a przyjemną i oraz pożyteczną zabawę sprawi” (str. 220).

Rozważania te należy zakończyć kilkoma ogólnymi wartościującymi sądami. Cz. Majorek podkreśla, że K. Kluk pragnął „rozbudzić w uczuciach dociekliwość, badawczy zmysł, a przede wszystkim rzetelność poznawczą. Z tego też względu podręcznik należy uznać za jedno z najwybitniejszych osiągnięć pracy edytorskiej Towarzystwa”. K. Uszyński (1969) natomiast stwierdza, że „Systematyczność i pogładowość, to czołowe zalety omawianego podręcznika”¹⁶. J. Kołodziejczyk zwrócił uwagę na walory językowo-stylistyczne podręcznika. Uważał, że „żywy, obrazowy, jaskrawy język ks. Kluka został najprawdopodobniej przez lingwistów Członków Komisji wygładzony i nieco stonowany”¹⁷. Uważał nadto, że zagadnienia fizjologiczne, anatomiczne i systematyczne „pod względem dydaktycznym napisane są wprost świetnie”¹⁸. Jego zdaniem „dzięki współpracy wybitnego samouka przyrodnika, jakim był ks. Kluk, biologa z wykształceniem uniwersyteckim i obznajmionego z nauką na zachodzie, jakim był Czenpiński, wybitnych pedagogów i lingwistów pierwszy nasz podręcznik botaniki był dziełem wybitnym i niezmiernie pożytecznym”¹⁹.

Z powyższych względów podręcznik „Botanika dla Szkół narodowych” powinien stanowić obowiązkową lekturę wszystkich współczesnych autorów podręczników biologii oraz osób upowszechniających wiedzę z zakresu dydaktyki biologii.

Najwłaściwszym sposobem uczczenia pracy ks. K. Kluka jako autora i całego zespołu członków Towarzystwa Ksiąg Elementarnych byłaby reedycja tego dzieła przynajmniej w nakładzie kilkuset egzemplarzy, co przy dzisiejszych możliwościach, jakie stwarza technika kserograficzna, nie pociągałoby za sobą większych trudności. Wniosek ten kieruję pod adresem Organizatorów dzisiejszego zebrań, Państwowego Wydawnictwa Naukowego oraz Wydawnictw Szkolnych i Pedagogicznych. Dzięki temu, wybitne dzieło ks. Krzysztofa Kluka znów żywo wpływałoby na nauczanie treści botanicznych i w ogóle biologii w naszym kraju.

LITERATURA

- G. Brzęk. *Krzysztof Kluk*. PZWS, Warszawa, 1957.
Z. Fedorowicz. *Zarys historii zoologii*. PWN, Warszawa, 1962.
B. Hryniewiecki. *Rozwój botaniki w Polsce*. PAU, Kraków, 1948.
B. Hryniewiecki. *Zarys dziejów botaniki*. PZWS, Warszawa, 1949.
W. Karpowicz. *Metodyka nauczania biologii*. PWN, Warszawa, 1963.
Z. Koszek. *Botanika*. W: *Zarys dziejów nauk przyrodniczych w Polsce*. WP, Warszawa, 1983, s. 413-480.

¹⁶ K. Uszyński, 1965, s. 40.

¹⁷ J. Kołodziejczyk, 1932, s. 130-131.

¹⁸ J. Kołodziejczyk, tamże str. 115.

¹⁹ J. Kołodziejczyk, tamże str. 131.

- J. Kołodziejczyk. *Nauki przyrodnicze w działalności Komisji Edukacji Narodowej*. Warszawa, 1936. Archiwum Nauk Biol. TNW, z. 2, s. 122.
- J. Kołodziejczyk. *Ks. Krzysztof Kluk, dzieła, twórczość*. Kraków, 1932, PAU, s. 168.
- A. Maciesza. *Dr Medycyny Paweł Czenpiński*. Lwów-Warszawa, 1923.
- Cz. Majorek. *Książki szkolne Komisji Edukacji Narodowej*. Warszawa, 1975, WSiP, s. 443.
- K. Mrozowska. *Powinności nauczyciela oraz wybór mów i listów*. Ossolineum, Wrocław-Kraków, 1958.
- J. Rostafiński. *Sprostowanie poglądów przypisywanych Klukowi*. Kosmos R. XXII. Lwów, 1898.
- J. Rostafiński. *Botanika i zoologia dla szkół narodowych, pierwszy raz wydane w latach 1785-1789*. Minerwa Polska, 1927, Nr 1, s. 18-33.
- I. Stasiewicz-Jasiukowa. *Krzysztof Kluk ciechanowski współpracownik Komisji Edukacji Narodowej*. W: Pr. zb. pt. *Krzysztof Kluk — Przyrodnik i pisarz rolniczy*. PAN. Zakł. Historii Nauki, Oświaty i Techniki. Monografie z dziejów nauki i techniki. T. CH. 1976.
- W. Stawiński. *Nauki przyrodnicze w programach szkolnych Komisji Edukacji Narodowej*. (maszynopis), 1973 (a).
- W. Stawiński. *Nauczanie przyrody w czasach Komisji Edukacji Narodowej*. *Biologia w Szkole* 1973, nr 4, s. 1-11.
- W. Stawiński. *Krzysztof Kluk, czy Paweł Czenpiński*. *Wszechświat* 1974, 1.
- K. Uszyński. *Botanika dla szkół narodowych*. *Biologia w Szkole* 1969, nr 5, s. 36-40.

NOWOCZESNY PODRĘCZNIK ANTROPOLOGII*

Antropologia przeszła znaczną ewolucję, tak ze względu na zakres obejmowanej wiedzy, jak i zasób wiadomości i poglądów w ciągu niewiele ponad stu lat swego istnienia, jako odrębnej dyscypliny biologicznej. Od dziedziny zajmującej się głównie pochodzeniem i wewnętrznym zróżnicowaniem gatunku *Homo sapiens*, po rozwój działów które jeszcze 20 lat temu zwano para-antropologią, jak auksologia (rozwój ontogenetyczny człowieka), genetyka populacji ludzkich czy ekologia człowieka. Wprawdzie już wydane w 1938-1939 roku wielotomowe dzieło „Człowiek, jego rasy i życie” zawierało odrębne działy dotyczące genetyki i środowiska, jednak raczej w sensie czynników wywołujących zmienność człowieka, aniżeli jako odrębne działy wiedzy.

W 1986 roku znalazł się w księgarniach nowy, w zasadzie drugi podręcznik uniwersytecki antropologii w Polsce. W przygotowaniu pierwszego w latach 1955-1957 brałem bezpośredni udział, wydany został w roku 1962 pod skromną nazwą „Zarys antropologii”, ale obejmował wszystkie zasadnicze działy klasycznej antropologii. Podręcznik który otrzymaliśmy obecnie pod redakcją A. Malinowskiego i J. Strzałki, wydany jest w bardzo efektownej formie graficznej z barwnymi stronami tytułowymi zawierającymi paleolityczne rysunki skalne. Książka jest bogato ilustrowana 405 rycinami i udokumentowana 63 tabelami. W tekście zawarte są wyróżnienia ważniejszych definicji dużym tłustym drukiem. Poza przedmową i wprowadzeniem, podręcznik jest podzielony na 6 części, a te na rozdziały. Części te to: Metody, Filogeneza, Zmienność, Populacja-gatunek, Ekologia i Ontogeneza. Nazwy części są więc określeniem problemów, a nie działów antropologii, chociaż w zasadzie taki podział czynią, działów tych jednak nie nazywając. Może najmniej korzystnie wygląda to w części V, zwanej „Ekologia”, mogłoby stąd bowiem wynikać, że ekologia jest działem antropologii co jest, co najmniej nie ścisłe. Sądzę, że trafniejsze byłoby już określenie „środowisko człowieka” lub „ekologia człowieka”. Ten ostatni termin także mógłby być dyskusyjny, bowiem obecnie ekologię człowieka pojmuje się zarówno jako dział antropologii (np. Olivier uważa ją za główny dział antropologii), jak i dziedzinę wiedzy interdyscyplinarnej, znacznie wykraczającej poza problemy antropologii. W tym ujęciu antropologia i ekologia człowieka miałyby pewien wspólny zakres zainteresowań, poza wieloma działami (większością) rozdzielnymi.

We wprowadzeniu zwięźle omówiony jest przedmiot i definicja oraz dzieje antropologii, łącznie z, w jednym zaledwie zdaniu omówionymi, placówkami antropologii aktualnie w Polsce istniejącymi.

Część I, „Metody”, zawiera 3 rozdziały, kolejno omawiające przedmiot antropometrii i przyrządy pomiarowe, metody opisowe i pomiary materiałów kostnych oraz metody badania osobników żywych. Jest to dział, jak na podręcznik, zbyt zwięzły, ponieważ jednak znajduje się w druku odrębna książka pt. „Metody badań w biologii człowieka” (N. Wolański i A. Malinowski), w tymże PWN, sądzą że należy uznać ten zakres informacji za wstępny do dalszego pogłębienia dla tych, którzy antropologią zajmą się zawodowo. Główne zastrzeżenie, jakie mogłoby się nasunąć, dotyczy dysproporcji między dość szeroko omówionymi metodami badań materiałów kostnych, a bardzo zwięźle przedstawionymi badaniami osobników żywych:

* „Antropologia” — pod redakcją Andrzeja Malinowskiego i Jana Strzałki, PWN, Warszawa-Poznań, 1985.

co nawiązuje raczej do tradycyjnego ujęcia antropologii i, poza związkami z archeologią, jest znacznie mniej przydatne, szczególnie w zastosowaniach antropologii — co daje większości antropologów szansę zatrudnienia w swoim zawodzie. Wreszcie badania nad człowiekiem żywym prowadzi kilkadziesiąt razy więcej osób, aniżeli nad szczątkami kostnymi.

Część druga, „Filogeneza”, składa się z dwóch rozdziałów, pierwszy z nich traktuje o Naczelnym, drugi o procesie ucłowieczenia. Uważam, że jest to wystarczająco obszernie i nowocześnie przedstawiona część. Interesująco, a jednocześnie zwięźle, wprowadzone są elementy kultury jako czynnika pozagenowej informacji, która jest atrybutem człowieka i która przyspieszyła ewolucję naszego gatunku, prowadząc do wyodrębnienia się spośród zwierząt.

Autorem części I jest prof. A. Malinowski, drugiej doc. J. Strzałko — a więc redaktorzy podręcznika, autorem części III — także prof. Malinowski, o ile mi wiadomo inicjator tego podręcznika.

Część trzecia, „Zmienność”, podzielona jest na 6 rozdziałów: anatomia człowieka na tle innych Naczelnym, dymorfizm płciowy, konstytucja, symetria i asymetria, skład i postawa ciała, wreszcie zróżnicowanie fizjologiczne i biochemiczne człowieka. Jest to więc ujęcie bardzo wszechstronne, dobrze że i bogato ilustrowane. Dymorfizm płciowy dotyczy nie tylko morfologii, lecz i szerszego pojęcia płci. Konstytucja jest omówiona także na podstawie kilku i, to nie tylko morfologicznych, klasyfikacji. Mam pewne zastrzeżenia co do krótkiego rozdziału traktującego o związkach między strukturą a funkcją, szczególnie samego pojęcia sprawności fizycznej i aspektów motoryczności. Zręczność jest przecież oczywistym elementem zwinności, gibkość podrzędna względem zwinności — natomiast obok zwinności wyróżniana bywa niekiedy koordynacja, której jednym z przejawów jest równowaga. Brak tu omówienia wydolności, która wydaje się być odmiennym aspektem od wytrzymałości — chociaż to jest już dyskusyjne. W rozdziale o postawie chyba nie potrzebnie omówiono klasyfikację harwardowską (Brown), która dawno została już odrzucona — podano jednak i nowsze ujęcia. Przy wielu zapożyczonych rycinach i klasyfikacjach nie podano ich autorów. Rytm biologiczne omówiono zwięźle bez naświetlania ich sterowania, krótko wyjaśniając ewentualne pochodzenie.

Część IV, „Populacja-Gatunek”, składa się z 7 rozdziałów różnego autorstwa. Rozdział „Ilościowy opis stanu i dynamiki populacji ludzkich” autorstwa Renaty Czub, jest zwięzłym biodemograficznym wstępem. Kolejny rozdział „Genetyka populacyjna człowieka”, tejże autorki, jest może zbyt zwięzły, ponadto dość subiektywny. Zbyt bezkrytycznie omówiono tu metodę bliźniąt w badaniach genetycznych, przedstawiając co najmniej kontrowersyjny sposób oceny ekosensytywności. Poruszono tu raczej problemy aniżeli krytycznie je naświetlono dla mechanizmów tak ważnych, jak genetyka populacyjna. Kolejny rozdział „Koncepcje rasy w antropologii” jest świetnie napisany przez doc. J. Piątka, uwzględniający zarówno historyczne ujęcia, jak i współczesne poglądy. Tegoż autora jest kolejny rozdział „Rasogeneza”, zwięzły, także bardzo dobry. Doc. Piątek jest również autorem kolejnych rozdziałów: „Klasyfikacje gatunku ludzkiego” oraz „Metody badań zróżnicowania wewnątrzgatunkowego człowieka”. Są to rozdziały zarówno oddające sprawiedliwość tym, którzy poszukiwali podziałów wewnątrzgatunkowych u człowieka, jak i nie bałamutnie informujący o możliwości takich ujęć przy użyciu aparatu pojęciowego matematyki w dalszych badaniach. Podsumowaniem jest rozdział „Struktura ludzka ludności świata” łączący problemy antropologii, etnologii i językoznawstwa. Jest to bardzo rzeczowa i informatywna część rozdziału dotyczącego populacji i gatunku.

Część V, „Ekologia”, zawiera 4 rozdziały różne co do poziomu i zawartości. Wstępna część dotyczy „systemu żywego i środowiska”; doc. Strzałko omawia na podstawie teorii systemów relacje organizmu ze środowiskiem, kontrowersyjne jest przyjęte tu pojęcie środowiska. Autekologia człowieka omówiona jest przez prof. Malinowskiego, obejmując chyba zbyt zwięźle (choć rozumieć ogrom wiedzy zgromadzonej w książce) problemy żywienia, bioklimatologii; nie wiem czy tu właśnie powinna być omówiona aktywność ruchowa, niezbyt trafnie podane jest tu pojęcie wydolności. Sądzę, że ciekawie wpleciony został do wątku książki rozdział Renaty Czub „Synekologia człowieka” stanowiąc pomost między antropolo-

gią, archeologią i etnologią. Odczuwam pewien niedosyt tego rodzaju informacji, stanowiących nowoczesny kierunek biologii człowieka i jeden z dwóch głównych działów ekologii człowieka. Końcowy rozdział, „Ekologiczne aspekty zawodowej i pozazawodowej aktywności współczesnego człowieka”, pióra prof. Malinowskiego stanowi pogranicze ekologii i organomii, zwane niekiedy ergologią. Jest to zwięzły, dość informatywny rozdział; niezbyt przekonująca jest tabela 54 włączająca jednocześnie aspekt zawodu i różnic wyżywienia, nawyków odrębnych etnicznie co do trybu życia itd.

Część VI, „Ontogeneza”, zawiera 4 rozdziały — wszystkie pióra tego samego zespołu docentów J. Cieślaka i M. Drozdowskiej oraz prof. A. Malinowskiego. Pierwszy rozdział, „Zjawiska rozwoju biologicznego człowieka” (cieszy mnie podręcznikowa akceptacja wprowadzonego przeze mnie terminu „biologiczny rozwój”, podobnie jak pojęcia „biologicznego układu odniesienia” — który to termin stał się ostatnio nawet tytułem wydanej przez PZWL książki), omawia aspekty rozwoju, samoregulacyjne mechanizmy ontogenezy, czynniki rozwoju osobniczego — w sposób zwięzły ale bardzo informatywny. Rozdział „Etapy rozwoju osobniczego człowieka” przedstawia ujęcia zarówno historyczne jak i współczesne, następnie charakteryzując poszczególne okresy rozwoju od zarodka po starość. Kolejny rozdział stanowi przegląd rozwoju układów i narządów — może jest zbyt zwięzły. Usprawiedliwieniem może być to, że jest to dział w antropologii stosunkowo młody, a Polska jest jednym z najlepiej w świecie wyposażonych krajów w książki pomocnicze („Rozwój biologiczny człowieka”) lub inne ujęcia („Biomedyczne podstawy rozwoju i wychowania”) tego właśnie zagadnienia — zwanego wspólnie auksologią. Kolejny rozdział stanowi omówienie „rozwoju cech morfologicznych i proporcji ciała”. Mam wrażenie, że niezbyt trafnie jest tu dobrany zestaw rycin, w moim pojęciu powinny być bardziej informatywne tak w sensie doboru cech, jak i okresu ontogenezy. Pokazanie jednej cechy na rycinie niewiele daje w sensie porównawczym. Zwięzły rozdział dotyczący tendencji przemian międzypokoleniowych (znów dziękuję autorom za przyjęcie terminu) pokazuje zasadnicze problemy tego zjawiska. Końcowy rozdział, „norma rozwojowa — teoretyczne i praktyczne aspekty oceny rozwoju biologicznego człowieka”, stanowi podane, na dobrym poziomie, zwięzłe omówienie sposobów kontroli rozwoju dziecka: od oceny wieku rozwojowego, poprzez metody oceny rozwoju morfologicznego i załączone grafiki dla dokonania takiej oceny, od metod najprostszycych po stosowane w klinice endokrynologicznej.

W całości, książka zasługuje na gorące przyjęcie i stanowi bardzo potrzebne na rynku księgarskim dzieło, wyposażone w wykaz bibliograficzny (byłbym zdania, że bardziej pożyteczne byłoby wskazanie pozycji zalecanych do dalszego studiowania, aniżeli cytowanych) oraz skorowidz haseł.

Napoleon Wolański

Hermann Remmert — *Ekologia*. PWRiL, Warszawa, 403 str., 1985, cena 360 zł.

Właśnie ukazała się na półkach księgarskich „Ekologia” H. Remmerta. Autor znany jest dobrze w świecie naukowym z rozległej działalności. Jest autorem licznych oryginalnych prac materiałowych przede wszystkim z pogranicza ekologii i fizjologii osobnika, prac podsumowujących i porządkujących dotychczasową wiedzę ekologiczną, a w tym podręcznika „Arctic animal ecology” (wydanego w 1980 roku). Ponadto jest redaktorem odpowiedzialnym czasopisma „Oecologia” (Berl.). Dowodem uznania i popularności prof. Remmerta w Polsce jest to, że w ubiegłym roku został członkiem zagranicznym Polskiej Akademii Nauk.

„Ekologia” ukazała się najpierw w wersji niemieckiej. Książka szybko się rozeszła i w 1980 roku ukazało się jej drugie wydanie oraz wydanie w wersji angielskiej. Na język polski książka została przełożona z wydania angielskiego.

Wprawdzie autor pisze we wstępie, że nie cierpimy na brak książek o tematyce ekologicznej ale wydaje się dotyczyć to głównie krajów anglosaskich. W Polsce odczuwa się wyraźny brak literatury z tej dziedziny i dlatego wysoko należy ocenić inicjatywę PWRiL wydaia tej pozycji. Zresztą nie tylko niedobór książek z dziedziny ekologii sprawia, że książka ta była już dawno oczekiwana, ma ona bowiem szereg walorów szczególnie istotnych dla polskich ekologów.

Książka pomyślana została jako krytyczny przegląd faktów i hipotez z działów ekologii uznanych przez tradycję: autekologii, ekologii populacji i ekosystemów. Erudycja autora, swobodny język i przejrzysta argumentacja sprawiają, że książkę czyta się z zainteresowaniem i przyjemnością.

Każdy z wymienionych działów książki rozpoczyna się wprowadzeniem prezentującym współczesne teorie, później następuje przegląd pojęć i wreszcie wybrane przykłady badań. Ta sekwencja logiczna „od ogółu od szczegółu” jest szczególnie przydatna dla empiryków, którzy mogą prześledzić drogę gromadzenia faktów i budowy teorii.

Warto również zwrócić uwagę na doprowadzony do perfekcji opis rysunków, które dzięki temu działają na wyobraźnię czytelnika nieomal jak plakaty: zaciekawiają i jednocześnie w zwięzły sposób objaśniają istotę zagadnienia.

Dla polskiego ekologów, obracającego się głównie w kręgu literatury angielskiej i amerykańskiej, książka Remmerta jest szczególnie cenna przez wprowadzenie wielu faktów i pojęć z literatury niemieckiej. Rozszerza to znacznie spektrum naszej wiedzy i zmusza do rewizji niektórych sądów (np. dokumentacja poglądów na temat zmienności i stałości ekosystemów w stadium klimaksu).

Stawiający pierwsze kroki ekolodzy znajdą w książce Remmerta liczne, przystępnie wyłożone wskazówki na temat sposobu opracowania danych podstawowych. Np. zebrane w „bloki” dane służące do obliczeń produkcji, tempa wzrostu liczebności populacji czy sposobu szacowania różnorodności zgrupowań. W blokach znaleźć można nie tylko sposób obliczeń, ale także ich krótkie omówienie i przykłady zastosowania w badaniach empirycznych.

Jest to więc książka zarówno dla dojrzałych, jak i początkujących ekologów. Szczególnie tym ostatnim, a wśród nich przede wszystkim tym, którzy dopiero poszukują swojej „niszy” badawczej, książkę tę gorąco polecam.

Nie można, niestety, nie wspomnieć o mankamentach wynikających z niezbyt starannej redakcji przekładu. Oto parę przykładów.

Podpis pod rys. 96 i tekst na stronie 181 mogą wskazywać, że badania Ch. J. Krebsa nad genetycznymi zmianami towarzyszącymi cyklowi populacyjnemu (rozwiniecie słynnej teorii Chitty'ego) prowadzone były w populacjach myszy polnej. Tymczasem badania te prowadzono w populacjach norników — *Microtus ochrogaster* i *M. pennsylvanicus*. Co więcej zasięg geograficzny myszy polnej (*Apodemus agrarius*) ograniczony jest do centralnej Europy i do Azji. Gatunek ten nie występuje więc w Nowym Świecie, gdzie prowadzono cytowane w książce badania. Podobnie w opisie rys. 173 (i na stronie 324) „amerykańską myszą” nazwano *Peromyscus maniculatus*, który nie jest myszą lecz myszakiem, przypominającym jedynie wyglądem mysz leśną. Ta niefrasobliwość tłumaczenia jest o tyle zaskakująca, że w podpisie pod rys. 103 nazwa *Peromyscus* przetłumaczona jest prawidłowo. Na str. 307 czytamy o stadach ... ryjących lemingów.

Niezręczne jest też dosłowne tłumaczenie terminów angielskich. I tak np. w podpisie pod rys. 105 czytamy: „Liczby są iloczynem nocy i pułapek”. Pomijając cały bezsens takiego stwierdzenia (chodzi tu oczywiście o iloczyn liczby nocy i liczby pułapek) wykazano nieznajomość terminologii polskiej. W języku polskim nazwa wskaźnika określającego liczbę pułapek eksponowanych w czasie określonej liczby dni brzmi „liczba pułapkodni”. Termin ten wprawdzie nie jest zbyt zręczny, ale został już na stałe wprowadzony do literatury ekologicznej.

W tabeli 12 termin „harvestable primary production” przetłumaczono jako „produkcja

pierwotna na pniu" — choć jak wynika z tekstu na str. 277 chodzi tu o produkcję pierwotną dostępną dla zwierząt (a nie „standing crop” produkcji).

Podobnie nieporozumieniem wydaje się być przetłumaczenie podpisu pod rysunkiem 35 a-d: „Calculation of production by organisms with distinct generations or distinct stages” przełożono jako „obliczenie produkcji populacji organizmów wielopokoleniowych lub złożonych z różnych stadiów”. Tymczasem chodzi tu po prostu o obliczenie produkcji poszczególnych pokoleń lub stadiów. Na tym etapie obliczeń autor nie wspomina o produkcji populacji. Trudno także zrozumieć co oznacza termin „organizmy wielopokoleniowe”. Czyżby oznaczało to, że istnieją jeszcze jakieś inne (np. jednopokoleniowe)?

Sporo przykrości sprawia również niski poziom wydawniczy. Odbiło się to szczególnie ujemnie na jakości reprodukowanych zdjęć. Np. na rys. 178 (fotografia oryginalna E. Vareschi) mamy podobno zobaczyć „jezioro Nakuru w Afryce wschodniej” i jak „stada flamingów opasują brzeg jak biały welon”. A tymczasem widzimy dwie rozmyte plamy na brudno-szarym tle. Nie tylko nie widać flamingów, ale i jeziora. Dobrze, że wyjaśniono dokładnie co się na zdjęciu znajduje. Czyżby to była pierwsza zapowiedź techniki poligraficznej przyszłości?

Ale nie narzekajmy. Cieszymy się, że „Ekologia” H. Remmerta wreszcie ukazała się w Polsce i że zgodnie z intencją autora podziela ona z pewnością stymulująco i pobudzi ciekawość czytelnika.

Gabriela Bujalska

Krasnaja Kniga SSSR. Tom I. Moskwa, 1985. *Lesnaja Promyshlennost'*, str. 390. Wydanie II.

Warto odnotować ukazanie się na naszym rynku księgarskim tej ciekawej książki poświęconej rzadkim i zagrożonym na terenie Związku Radzieckiego gatunkom zwierząt. Książka podzielona jest na 7 części. Każda część jest poświęcona innej grupie zwierząt. W krótkim wstępie omówiono drogi powstania i znaczenie „Czerwonej księgi”. Podzielono tu gatunki chronione w ZSRR na pięć kategorii w zależności od ich częstości występowania, liczebności populacji i stanu wiedzy o nich. I tak do kategorii I zaliczono gatunki znajdujące się pod groźbą wyginięcia, których zachowanie nie jest możliwe bez zastosowania specjalnych środków. Do kategorii II zaliczono gatunki, których liczebność jest jeszcze stosunkowo wysoka, ale zmniejsza się katastrofalnie szybko. Kategoria III obejmuje rzadkie gatunki, którym w obecnym czasie jeszcze nie grozi wyginiecie, ale spotykane są w tak niewielkiej ilości lub na tak ograniczonym obszarze, że mogą wyginąć przy niesprzyjającej zmianie środowiska życia pod wpływem czynników gospodarczych lub antropogennych. Do kategorii IV zaliczono gatunki, których biologia poznana jest w sposób niedostateczny, liczebność i stan ich wywołuje niepokój, jednak brak wiadomości o nich nie pozwala na zakwalifikowanie ich do jednej z pierwszych kategorii. I wreszcie kategoria V — obejmuje gatunki restytuowane, których stan, dzięki zastosowanym środkom ochrony, nie wywołuje więcej niepokoju, ale nad ich populacjami konieczna jest stała kontrola.

Część I poświęcona jest ssakom. Na wstępie umieszczono spis gatunków ssaków ujętych w książce. W sumie omówiono 94 gatunki i podgatunki (łącznie ze ssakami morskimi). Dla każdego gatunku podano nazwę rosyjską i łacińską z nazwiskiem autora nazwy i rokiem opisanego gatunku. Podano też rząd i rodzinę do jakiej gatunek należy. Dokładniej jest omówiony status (kategoria pod względem liczebności), rozmieszczenie geograficzne, miejsce występowania, liczebność i tendencje jej zmiany, główne czynniki ograniczające, szczegóły biologii, efekty hodowlane, przyjęte środki ochrony i konieczne środki ochrony. Dla każdego

gatunku podano kategorię, do której został zaliczony pod względem zagrożenia. Każda omawiana forma jest ukazana na barwnym rysunku. Dla każdego gatunku podano też mapkę jego rozmieszczenia w ZSRR.

Część 2 poświęcona jest ptakom. Omówiono tu 80 gatunków ptaków według takiego samego schematu. W części 3 omówione są płazy i gady (9 gatunków płazów i 37 gatunków gadów), w części 4 ryby (9 gatunków), w części 5 stawonogi (105 gatunków), w części 6 mięczaki (19 gatunków), a w części 7 skąposzczety (11 gatunków). Po każdym rozdziale podano bibliografię odnoszącą się do danej grupy zwierząt.

Książkę kończą indeksy nazw rosyjskich i łacińskich oddzielnie dla każdej grupy zwierząt, co znacznie ułatwia znalezienie danego gatunku.

Na mapkach zaznaczono dokładnie rozmieszczenie gatunku w pewnych rejonach, a również zamieszczono te fragmenty map na powiększonej mapie ZSRR. Pozwala to czytelnikowi zlokalizować gatunek w określonej części ZSRR. Kolory zwierząt są w zasadzie dobrze dobrane, chociaż niektóre zwierzęta wypadły trochę za bladło. Opisy gatunków są nierównomierne, co zapewne wiąże się z tym, że opisano w książce gatunki, o których mało jeszcze wiemy. Z drugiej strony wiele gatunków jest opisanych bardzo dokładnie (szczególnie kręgowców). Bardzo wygodne jest zestawienie literatury dla każdej grupy oddzielnie oraz podanie odnośników do literatury pod opisami poszczególnych gatunków.

Książka ta, napisana przez zespół specjalistów zajmujących się poszczególnymi grupami zwierząt, jest jednocześnie barwnym atlasem i bogatym źródłem informacji o rzadkich gatunkach zwierząt żyjących w Związku Radzieckim. Dla polskiego czytelnika wiele z tych form jest gatunkami egzotycznymi. Dzięki zwartym i przystępnym napisanym informacjom można ją polecić każdemu czytelnikowi. Na marginesie należałoby wyrazić życzenie, aby jak najszybciej ukazała się polska „Czerwona księga”, aby można było społeczeństwu przybliżyć te gatunki zwierząt, które wymagają szczególnej troski. Omawiana książka może być wzorem takiego opracowania.

Antoni Żyłka

Brian F. C. Clark — The genetic code and protein biosynthesis. Studies in Biology no 83. Wyd. II, Edward Arnold, 1984. Str. IV + 76, cena £ 3.50.

Drugie wydanie opublikowanej po raz pierwszy w 1977 roku książki wybitnego uczonego, Briana F. C. Clarka, jest posunięciem bez wątpienia słusznym. W ciągu ostatniego dziesięciolecia dokonał się bowiem dalszy postęp w badaniach nad strukturą i funkcją materiału genetycznego, a zarazem nowe odkrycia sprawiły, że to co w połowie lat siedemdziesiątych wydawało się nie pozostawiać żadnej wątpliwości, obecnie jawi się bardzo dalekie od zrozumienia. Poznane są więc w miarę dobrze zasady przekazywania informacji genetycznej u bakterii, natomiast funkcjonowanie kodu genetycznego i proces syntezy białka w komórkach organizmów eukariotycznych są wciąż wielką zagadką. Jednak, zdaniem Clarka, biolodzy molekularni są przekonani, że podstawowe mechanizmy biosyntezy białka są takie same u *Procaryota* i *Eucaryota*.

Na książkę składają się cztery rozdziały. W pierwszym autor omawia budowę makrocząsteczek występujących w komórce, koncentrując się oczywiście na strukturze białek i kwasów nukleinowych. Rozdział drugi poświęcony jest badaniom, które doprowadziły do wyjaśnienia podstawowych cech kodu genetycznego, a w trzecim B.F.C. Clark przedstawia składniki komórki uczestniczące w biosyntezie białka oraz omawia ogólnie przebieg tego procesu, w którym niezwykle istotne są dwa etapy: inicjacji i terminacji syntezy. Poświęcony jest im ostatni, najkrótszy rozdział książki. Stosunkowo obszerna, jak na zwyczaj „Studiów biologicznych”, jest bibliografia zamieszczona na końcu książki.

Tym, co najbardziej skłania do zastanowienia podczas lektury recenzowanej pozycji jest świadomość tylko fragmentarycznej znajomości procesów molekularnych zachodzących w komórce. Niedosyt ten jest odczuwany mimo niewątpliwie olbrzymiego postępu badań. Autor książki bardzo często podkreśla ten fakt, a doskonałą ilustracją zagadnienia jest zestawienie najważniejszych odkryć biologów molekularnych. Wiele z nich dokonano pod koniec lat siedemdziesiątych i w obecnym dziesięcioleciu. Najważniejsze jest niewątpliwie odkrycie szczególnej struktury genów organizmów eukariotycznych, a poszukiwania Flavella, Chambon i Ledera z roku 1977, prowadzące do odkrycia intronów i egzonów przyczyniły się również do dalszych badań, owocujących między innymi odkryciem enzymatycznej funkcji niektórych cząsteczek RNA (Cech, Grabowski i wsp.), jak również hipotezami na temat np. „egoistycznego” DNA (Orgel, Crick, Doolittle i Sapienza). Innym, niezwykle ważnym wydarzeniem było odkrycie przez Sangera i współpracowników w DNA wirusa Φ X 174 odcinków, których odczytywanie w procesie transkrypcji podważyło powszechność zasady niezachodzenia kodu genetycznego. Pod znakiem zapytania stoją również inne cechy kodu, gdyż badania mitochondrialnego DNA, a ostatnio również DNA niektórych pierwotniaków i mykoplazm (patrz Nature 314: 132, 1985), wskazują na zróżnicowaną funkcję niektórych tripletów nukleotydowych. Wreszcie odkrycie przez A. Richa lewoskrętnych odcinków helisy DNA (tzw. Z-DNA) stwarza perspektywę wyjaśnienia mechanizmów regulacji funkcji genów w organizmach eukariotycznych.

Możemy sądzić, że najbliższe lata przyniosą dalszy postęp w dziedzinie badań struktury i funkcji materiału genetycznego, związanych zwłaszcza z mechanizmami transformacji nowotworowych (onkogeny) oraz z procesami różnicowania się kształtu organizmów (rola odcinków „homeo box”). Za kilka lub kilkanaście lat ukaże się więc zapewne wiele książek, których lektura a następnie porównanie z dzisiejszym stanem wiedzy sprawią, że świadomość postępu, a zarazem ignorancji, będzie taka sama, a być może większa jak odczuwana obecnie.

Józef Dulak

J. Roger Warr — Genetic engineering in higher organisms. Studies in Biology no 162. Edward Arnold, 1984. Str. IV+58. Cena £ 2.95.

W roku 1974 grupa kilku amerykańskich uczonych wystosowała apel do biologów molekularnych, by rozważyli zasadność dalszego kontynuowania niektórych doświadczeń z zakresu inżynierii genetycznej. Obawy badaczy spowodowane były gwałtownie rozwijającymi się badaniami nad genetyką mikroorganizmów (w tym niezwykle patogennych drobnoustrojów) i niebezpieczeństwami, które mogły wynikać z niedopuszczalnego zastosowania technik wprowadzania genów. Apel ten był wymownym świadectwem, że uczeni nie są bezdusznymi istotami zmierzającymi do wybranego przez siebie celu bez względu na konsekwencje, lecz że w swoich działaniach w przeważającej większości kierują się dobrem społeczeństwa.

W odpowiedzi na wspomniany apel zorganizowano konferencję w Asilomar (USA), podczas której ustalono zasady mające obowiązywać badaczy stosujących techniki inżynierii genetycznej. Szereg przepisów drastycznie ograniczało badania lub zabraniało przeprowadzania najbardziej niebezpiecznych eksperymentów. Już wkrótce jednak okazało się, że obawy były nieco przesadzone, niemniej kontrowersje towarzyszą nadal wielu badaniom, w których inżynierię genetyczną stosuje się do doświadczeń nad organizmami eukariotycznymi, a zwłaszcza wówczas, gdy obiektem eksperymentów mogą stać się pośrednio lub bezpośrednio ludzie.

Książka J. R. Warra wykładowcy genetyki na uniwersytecie w Yorku, poświęcona jest najnowszym osiągnięciom tej właśnie gałęzi inżynierii genetycznej. Na kilkudziesięciu stronach niewielkiego dziełka, będącego kolejną pozycją w znanej serii „Studiów biologicznych”,

możemy znaleźć wiele podstawowych informacji o sukcesach i niepowodzeniach biologów molekularnych.

Zbyt rzadko uświadamiamy sobie, że droga do ostatecznego wyniku w pracowniach inżynierii genetycznej jest niezwykle żmudna i trudna, a pozytywne rezultaty uzyskuje się tylko w niewielkiej części eksperymentów. Włączenie wprowadzonego genu do komórek ssaków jest zjawiskiem niezwykle rzadkim, udającym się np. w 2 przypadkach na 100000 komórek. Nawet uzyskanie, szeroko obecnie stosowanych, przeciwciał monoklonalnych skierowanych przeciw jednemu, określonoemu antygenowi, poprzedzone jest szeregiem prób, z których kluczowy etap, jakim jest trwałe połączenie komórek produkujących przeciwciała z nieśmiertelnizującymi je komórkami nowotworowymi, udaje się tylko w 0,0001% hybrydów.

Tym bardziej podziw wzbudzają wszelkie udane próby wprowadzenia genów do komórek roślinnych i zwierzęcych. O takich eksperymentach J. R. Warr informuje w siedmiu rozdziałach „Inżynierii genetycznej wyższych organizmów”. W dwóch pierwszych zawarł podstawowe wiadomości na temat wielu technik inżynierii genetycznej, w następnych dwóch omawia zastosowanie tych metod do konkretnych celów, jakimi są produkcja przeciwciał monoklonalnych oraz badania nad mechanizmami transformacji nowotworowych. Kolejna, piąta część książki poświęcona jest podstawowemu, niezbędnemu narzędziu badań, jakim są wektory, czyli cząsteczki kwasu nukleinowego, umożliwiające nie tylko wprowadzenie, ale i ekspresję genu w komórkach biocyty. Zastosowanie wektorów umożliwiło wprowadzenie genów do zarodków zwierząt i ich ekspresję u dorosłych osobników, czego najlepszym przykładem są myszy transgeniczne, które dzięki posiadaniu np. dodatkowego, aktywnego genu hormonu wzrostu osiągają rozmiary dwukrotnie większe niż normalne osobniki (rozdz. 6). Duże trudności sprawia również znalezienie odpowiednich wektorów umożliwiających wprowadzenie genów do komórek roślinnych, niemniej powiodły się np. próby uzyskania roślin odporniejszych na choroby (rozdz. 7).

Obok uzasadnionego ze wszech miar zachwytu nadal jednak należy pamiętać o niebezpieczeństwach grożących w przypadku niedopuszczalnego stosowania technik inżynierii genetycznej. J. R. Warr wciąż zwraca na ten problem uwagę przypominając o kontrowersjach, jakie towarzyszyły niektórym próbom terapii genowej, czyli leczenia schorzeń genetycznych przez wprowadzanie brakujących odcinków DNA. Najbardziej znany jest casus Marka Cline'a, usiłującego leczyć w ten sposób talasemię (o problemach tego badacza pisano kilka lat temu na łamach „Problemów”). Niezwykle ważną sprawą jest również odpowiedzialność lekarzy stosujących metodę zapładniania *in vitro*. Ośmielam się twierdzić, że J. R. Warr powinien dobitniej zwrócić uwagę na niedopuszczalność stosowania przez lekarzy metod pozwalających określić płeć zarodka rozwijającego się w „próbówce” i w zależności od kaprysu rodziców niszczenia lub wprowadzania go do organizmu matki. Obok niezbywalnego prawa uczonych do prowadzenia badań, ciąży na nich bowiem odpowiedzialność za decyzje osób korzystających ze stwarzanych przez eksperymenty możliwości. Nadzieję budzą natomiast metody leczenia chorób genetycznych wywołanych brakiem jednego genu, którego wprowadzenie do chorych zarodków pozwoli na urodzenie zdrowych dzieci.

Należy się spodziewać, że dalszy postęp badań przyniesie zarówno nowe sukcesy jak również spowoduje pojawienie się kolejnych wątpliwości natury etycznej. Książka J. R. Warra jest więc wydarzeniem, które zainteresuje zapewne biologów i nieprofesjonalistów oraz skłoni ich do zastanowienia. Być może warto, by publikacja ta stała się kolejną przetłumaczoną na nasz język książką z serii „Studiów biologicznych”. Sądzę, że podjęcie się wydania również niektórych wcześniejszych czy następnych pozycji przez Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne byłoby uzasadnione i pożyteczne, bowiem seria ta adresowana jest przede wszystkim do uczniów, studentów i nauczycieli.

The Cambridge Encyclopedia of Life Sciences. A. Friday and D. S. Ingram (red.), Cambridge University Press, Cambridge, 1985. Str. 432, cena £ 25.00.

Każda próba przedstawienia w jednej książce bogactwa wszystkich dziedzin współczesnej biologii spotka się zarówno z zainteresowaniem jak i z krytyczną oceną. Obok potrzeby istnienia prac przeglądowych istnieje również świadomość, że dyscypliny biologiczne różnią się znacznie, stąd uzasadniona obawa o słuszność poczyniń mających na celu syntezę różnych zagadnień. Obawy takie często znajdują potwierdzenie, gdy mamy do czynienia z publikacjami autorstwa jednej osoby, która ze zrozumiałych względów nie może być kompetentna we wszystkich dziedzinach nauk biologicznych. Porażki takie spotykają również niekiedy opracowania zbiorowe. Tym bardziej miło mi poinformować, że najnowsze dzieło wydawnictwa Cambridge University Press nie musi zbytnio obawiać się krytycznych ocen. Encyklopedia autorstwa 31 badaczy, głównie naukowców z Cambridge, spełnia wszystkie warunki dzieła naukowego jak i podręcznika, z którego korzystać mogą również nieprofesjoniści oraz studenci.

Uważa się powszechnie, że jesteśmy w dobie wielkiej rewolucji w biologii, którą znamionować ma przede wszystkim gwałtownie narastająca wiedza o procesach zachodzących w organizmach żywych, głównie na poziomie molekularnym. Tymczasem, jak zwraca uwagę autor przedmowy, J. E. Freherne, odkrycia Ludwika Pasteura zaprzeczające możliwości samoródtwa, czy koncepcje Karola Darwina, dokonały znacznie większego przewrotu niż osiągnięcia współczesnej biologii będące w dużej mierze wynikiem postępu technicznego. Nawet jeśli nie zgodzimy się do końca z takim stanowiskiem, mając w pamięci zwłaszcza poznanie natury dziedziczenia i epokowe bez wątpienia odkrycie Watsona i Cricka, to jednak przystać musimy na twierdzenia mówiące, iż nasza znajomość przyrody jest wciąż fragmentaryczna. Dalecy więc jesteśmy od choćby połowicznego zrozumienia interakcji między organizmami a środowiskiem, a przecież na tym poziomie przebiegają zasadnicze przemiany ewolucyjne. Badanie zjawisk na poziomie molekularnym przynosi częściową odpowiedź na najważniejsze pytania biologów, a dopełnienia należy szukać w zrozumieniu mechanizmów sprawiających, że organizmy są zdolne funkcjonować jako odrębne jednostki w powiązaniu z populacją, ekosystemem i całą biosferą. Poznanie behawioru zwierząt czy zasad funkcjonowania umysłu ludzkiego znajduje się dopiero we wstępnej fazie i właściwie pewni jesteśmy tylko naszej nieświadomości opisujących zjawisk.

„Encyklopedia nauk o życiu” daje obraz najważniejszych problemów współczesnej biologii. Autorzy tego wielkiego dzieła przedstawili nam przyrodę w postaci hierarchii interakcji, a właściwie hierarchii środowisk, poczynając od komórki poprzez organizm i środowiska kuli ziemskiej, w których organizmy żyją, do wciąż słabo znanych procesów ewolucyjnych, których skomplikowany przebieg jest przyczyną wielu kontrowersji wśród badaczy. Celem tej wspaniałej, opracowanej doskonale pod wieloma względami książki jest przedstawienie przystosowań roślin i zwierząt do środowiska ich życia oraz relacji między organizmami w tych środowiskach.

Encyklopedia składa się z trzech części: „Procesy i organizacje”, „Środowisko” oraz „Ewolucja i materiały kopalne”. W składających się na nie 15 rozdziałach znajdujemy bardzo przystępny, a zarazem na ile to możliwe wyczerpujący przegląd zagadnień, o których wcześniej wspominałem. Znakomitym dodatkiem jest klasyfikacja żyjących obecnie organizmów, w której uwzględniono najnowsze poglądy, dzieląc organizmy na cztery królestwa: *Monera*, *Fungi*, *Plantae* i *Animalia*. Najwyższy już czas, by zasady tej systematyki wprowadzić do polskich podręczników szkolnych i akademickich.

Pisanie recenzji w samych superlatywach jest równie wygodne, jak i męczące, i tylko w szczególnych przypadkach usprawiedliwione, pozwolę więc sobie na zwrócenie uwagi na istotne moim zdaniem niedociągnięcia, które odczuwa się podczas lektury encyklopedii. Układ odpornościowy został w niej praktycznie pominięty, mimo obszernego omówienia innych

systemów integrujących organizm, a immunologia jest przecież jedną z najintensywniej rozwijających się obecnie dziedzin nauk biologicznych. Oddzieliła się ona już w znacznym stopniu od swego źródła medycznego i staje się powoli nauką integrującą wiele dyscyplin. Wskazanie na istnienie związków między układem odpornościowym a hormonalnym i nerwowym, a więc na kolejny rodzaj interakcji w obrębie organizmu, byłoby pożądaną ilustracją przewodniej myśli autorów encyklopedii.

Doskonała szata edytorska, liczne kolorowe i czarno-białe zdjęcia oraz bardzo pouczające schematy przyczynią się zapewne do sukcesu książki u czytelników, wśród których — mam nadzieję — znajdują się również Polacy.

Józef Dulak

Ralph van Furth (red.) — Mononuclear phagocytes. Characteristics, physiology, and function. Martinus Nijhoff Publishers (Kluwer Academic Publishers Group), Dordrecht, Boston, Lancaster, 1985, str. XXII + 830.

Omawiana książka zawiera materiały z IV Konferencji w Lejdzie (Holandia) na temat fagocytów jednojądrzastych. Obejmuje wstęp autorstwa R. van Furtha, 84 artykuły zgrupowane w XII działach, podsumowanie Z. Cohna, oraz indeks.

Po pierwszej Konferencji w Lejdzie, w biuletynie Światowej Organizacji Zdrowia z 1972 roku, wprowadzono termin „układ fagocytów jednojądrzastych” (Mononuclear Phagocyte System — MPS). Do układu tego zaliczono linie komórkowe wywodzące się ze szpiku kostnego, w którym intensywnie dzielące się monoblasty i promonocyty dają pokolenie monocytów. Monocyty opuszczają szpik kostny i wraz z krwią przedostają się do narządów i jam ciała, gdzie różnicują się w makrofagi. Zależnie do miejsca osiedlenia są to makrofagi otrzewnowe, płucne, komórki Kupffera wątroby, komórki Langerhansa skóry, czy też limfocyty narządów limfatycznych. Twórca tego terminu — holenderski uczony Ralph van Furth — uważa, że układ fagocytów jednojądrzastych, obejmujący komórki o wspólnym pochodzeniu, jest jednostką ustroju bardziej realną niż tzw. układ siateczkowo-śródbłonkowy (Reticulo-Endothelial System — RES), grupujący wszystkie komórki żerne ustroju, którego koncepcję wprowadził Aschoff w 1924 roku. Część uczonych nadal skłania się jednak do starej nomenklatury i wysuwa argumenty przemawiające za słusznością badania właśnie całego zespołu żernych, bez względu na ich pochodzenie. Miejscem ścierania się poglądów są kolejne konferencje w Lejdzie. Odbływały się one w latach 1973, 1978, a ostatnia w okresie 9-16 maja 1984 roku. Bardzo pouczające jest porównanie materiałów z kolejnych konferencji, które ukazywały się w formie książek redagowanych przez van Furtha (Mononuclear Phagocytes in Immunity, Infection and Pathology. Blackwell Scientific Publications, Oxford-London-Edinburgh-Melbourne, 1975; Mononuclear Phagocytes. Functional Aspects. Martinus Nijhoff Publishers. The Hague-Boston-London, 1980; obecnie prezentowana książka). Przeglądając te materiały można stwierdzić: na ile pytań już odpowiedziano, ile rodzi się kontrowersji, jakie nowe problemy wyłaniają się w trakcie badań.

Postęp jest rzeczywiście fascynujący. Imponująco rozwinęły się techniki badawcze. Oczywiście największym ułatwieniem dla badaczy było wprowadzenie przeciwciał monoklonalnych. Obecność antygenów powierzchniowych specyficznych dla fagocytów jednojądrzastych ułatwia, a niekiedy wręcz umożliwia ich identyfikację w tkankach. Badania dynamiki tego układu byłyby niemożliwe bez zastosowania systemów komputerowych. Wyszukanymi technikami analizuje się substancje uwalniane przez makrofagi pod wpływem różnorodnych bodźców. Większość doświadczeń prowadzi się w hodowlach *in vitro*. Jednocześnie trwają badania na ssakach laboratoryjnych. Stale naukowców frustruje problem: czy w organizmie zachodzą podobne interakcje jak w izolowanym systemie *in vitro*? Obiecujące są wyniki manipulowania makrofagami

w stanach chorobowych gryzoni laboratoryjnych. Za wcześniej jednak na przeniesienie tych danych do terapii człowieka. Nie ulega jednak wątpliwości, że jest to kwestia najbliższych lat.

Wielkie firmy specjalizują się w syntezowaniu limfokin, modulujących działanie makrofagów. Można zatem uzyskać też przeciwciała eliminujące z kolei działanie limfokin. Znamy obecnie wiele receptorów powierzchniowych makrofagów. Można będzie zatem w razie potrzeby zablokować niektóre z nich, nie zmieniając pozostałych właściwości komórek. To są cele na najbliższe lata. Czy zostaną osiągnięte — dowiemy się na piątej konferencji w Lejdzie.

Patronem uczonych badających makrofagi jest oczywiście Ilja Miecznikow. Pomimo oszałamiającej kariery odkrytych przez niego komórek, chyba byłoby mu przykro, że na konferencji w Lejdzie nie było ani jednego doniesienia dotyczącego komórek żernych bezkręgowców, czy też kręgowców zmiennocieplnych.

Barbara Plytycz

VI KONFERENCJA KOMITETÓW NARODOWYCH „CZŁOWIEK I BIOSFERA” KRAJÓW SOCJALISTYCZNYCH, 17-22 MARCA 1986 R., BRNO

To kolejne spotkanie przedstawicieli Komitetów Narodowych MaB miało szczególny charakter. Przedstawiono na nim podsumowania obejmujące okres 5-letni, a niekiedy pełne wyniki szerokich projektów badawczych. Program konferencji został zawarty w ośmiu punktach. Po zakończeniu obrad odbyło się seminarium naukowe poświęcone wpływom działalności człowieka na ekosystemy leśne, któremu towarzyszyła wycieczka na powierzchnie badawcze przy stacji naukowej Rajec.

W obradach wzięli udział przedstawiciele następujących 10 krajów socjalistycznych należących do UNESCO: Białorusi, Bułgarii, Węgier, Niemieckiej Republiki Demokratycznej, Kuby, Mongolii, Związku Radzieckiego, Ukrainy i Czechosłowacji. Polskę reprezentowali: prof. S. A. Kostrowicki i niżej podpisany. W konferencji wzięli udział ponadto przedstawiciele Sekretariatów RWPg i UNESCO.

Obrady konferencji otworzył akademik V. Landa, prezydent Komitetu Narodowego MaB Czechosłowacji, który został wybrany jednogłośnie przewodniczącym konferencji. W imieniu gospodarzy konferencji, Wyższej Szkoły Rolniczej w Brnie, przywitał zebranych prorektor tej uczelni, prof. A. Matović a z ramienia UNESCO — prof. L. Palade.

Informację o pracach 8 sesji Międzynarodowej Rady Koordynacyjnej Programu MaB, która odbyła się w Paryżu w grudniu 1984 roku, przedstawił akademik V. Landa. W uchwałach tej sesji zwraca się uwagę na konieczność podjęcia w ramach programów MaB badań nad skutkami ekologicznymi wyścigu zbrojeń oraz niebezpieczeństw, jakie wynikają dla biosfery z wojny jądrowej. Ósma sesja tej Rady przyjęła jednogłośnie pogląd, że wprowadzenie broni uderzeniowych do przestrzeni kosmicznej jeszcze bardziej zwiększa zagrożenie pokoju i może wywołać nieodwracalny w skutkach wyścig zbrojeń. W dyskusji wskazano na obowiązki uczonych, którzy powinni działać na rzecz przyjęcia systemu bezpieczeństwa międzynarodowego, rozwinięcia współpracy między krajami, szczególnie dla rozwiązania globalnych problemów ekologicznych, którymi zajmuje się program „Człowiek i Biosfera”.

Następnie przedstawiciel UNESCO, prof. L. Palade, przedstawił informację o 23 Sesji UNESCO, która odbyła się na przełomie października i listopada 1985 roku w Sofii. Wskazał na wysiłki podejmowane dla zabezpieczenia realizacji poszczególnych programów, mimo nacisków ze strony USA i niektórych innych krajów. W dyskusji podniesiono sprawę roli, jaką odegrała współpraca międzynarodowa dla realizacji programów MaB. Na sesji tej ustawiono dwie grupy konsultantów międzynarodowych. Będą oni współpracować w ramach programów badawczych w rezerwach biosfery, przygotowywać ogólną strategię rozwoju programów MaB oraz stymulować prace nad ważnymi konferencjami międzynarodowymi, np. poświęconymi edukacji ekologicznej lub metodom aerokosmicznym w ekologii i ochronie środowiska. Dla dalszego rozwoju programu MaB niezbędne jest aktywne uczestnictwo jej ekspertów przy opracowywaniu globalnej prognozy ekologicznej na rok 2000. Sekretariat MaB UNESCO mógłby wnieść ważny wkład do opracowania takiego raportu.

W następnym punkcie obrad przedstawiciele Komitetów Narodowych omówili wyniki badań prowadzonych w poszczególnych krajach w obrębie programów MaB. Podstawą do dyskusji były dokumenty i materiały drukowane i powielane, które zostały dostarczone przez poszczególne delegacje. Postęp badań w poszczególnych krajach jest oczywisty, szereg przedstawionych wyników wzbudził powszechne zainteresowanie. W wielu przypadkach rozwinięto badania w oparciu o dwustronną lub wielostronną współpracę międzynarodową. Tym niemniej,

w koordynacji międzynarodowej występują niekiedy zahamowania. Odnosi się to do badań w programach: 1) Ekosystemy tropików, 3) Ekosystemy łąkowe, 5) Ekosystemy wodne i 7) Ekosystemy wysp. Wskazano na konieczność podjęcia konkretnych kroków dla uregulowania zaległych spraw i podjęcia działań organizacyjnych, które doprowadzą do realizacji programu badawczego oraz poprawnej współpracy między uczestniczącymi krajami. Podkreślono rolę sympozjów międzynarodowych oraz opracowań monograficznych poszczególnych problemów przez zespoły międzynarodowe. Takie publikacje winny stać się wkładem krajów socjalistycznych do serii UNESCO „Ecology in action”. Dobrych przykładów dostarcza tutaj opracowanie „Zbiorniki zaporowe i ich oddziaływanie na środowisko”. Przedstawiono potrzebę współpracy międzynarodowej na odcinku badań zoologicznych rzeki Dunaj oraz rezultaty sympozjów organizowanych w ramach programów MaB w krajach socjalistycznych. Nie udało się wdrożyć programów informacyjnych INFORMOS, które miały zabezpieczać komitety narodowe i grupy robocze MaB w dopływ aktualnej informacji.

Podkreślono, że w krajach socjalistycznych dobrze rozwijają się programy MaB-8 „Konservacja stref naturalnych i ich zasobów genetycznych” oraz MaB-14 „Ochrona powietrza atmosferycznego”. Nie udało się jednak zrealizować uruchomienia pełnego programu monitoringu tła, ponieważ nie wszystkie kraje uruchomiły odpowiednie stacje, ich wyposażenie w standardową aparaturę pomiarową przedstawia również wiele do życzenia. Należy podjąć starania o włączenie do programów MaB analizy systemowej z komputerowym opracowaniem danych. Zwrócono również uwagę na konieczność zwiększenia operatywności prac zarówno komitetów jak i grup międzynarodowych.

Czwarty punkt porządku obrad objął zagadnienia współpracy między programami MaB oraz RWPG poświęcone ochronie środowiska. Podstawę dyskusji stanowiło wystąpienie przedstawiciela sekretariatu RWPG, G. Rżanowej, która zreferowała stanowisko Rady RWPG poświęconej zagadnieniom ochrony środowiska, jaka odbyła się w styczniu 1986 roku. Zalecono na nim zacieśnienie współpracy, wymianę informacji o przedsięwzięciach i rezultatach. Ważne byłoby organizowanie wspólnych spotkań i sympozjów.

Zagadnienia edukacji środowiskowej stanowiły temat kolejnej dyskusji. Podkreślono, że wyniki prac Centrum Koordynacyjnego w Instytucie Ekologii Stosowanej i Ekotechniki w Kościelcu (ČSSR) zasługują na wyróżnienie. W oparciu o przedłożone dokumenty należy uaktualnić program prac bieżącego planu pięcioletniego w zakresie edukacji środowiskowej na wszystkich poziomach nauczania. Należy też zainicjować wymianę środków audiowizualnych. W związku z konferencją „10 lat po Tbilisi” winno się rozpiścić międzynarodowy konkurs „Ekoplakat '87” oraz zorganizować seminarium na temat wykorzystania rezerwatów biosfery dla edukacji ekologicznej.

W kolejnych dwóch punktach omówiono plany oraz projekty współpracy dwustronnej przedłożonej przez poszczególne kraje. Obejmują one propozycje dotyczące wszystkich programów MaB. Ponadto dokonano przeglądu i rekomendacji sympozjów naukowych i konferencji, jakie zostały zaplanowane na lata 1986-1990. Ich szczegółowe programy zostaną opracowane przez komitety organizacyjne.

Ósmy punkt obrad dotyczył programu badań w rezerwach biosfery, który powstał w trakcie I Międzynarodowego Kongresu w Mińsku w 1983 roku. Koordynację tych badań prowadzi Instytut Ewolucyjnej Morfologii i Ekologii Zwierząt w Mińsku. Zaaprobowano kierunki prac przygotowane na Europejską Konferencję w Budziejowicach.

Delegacja polska zaprezentowała na konferencji dwa tematy. Przegląd dorobku programów MaB realizowanych w naszym kraju w latach 1981-1985, oraz szczegółowiej wyniki prac zespołu 13b, poświęconego zagadnieniom edukacji środowiskowej.

Po zakończeniu konferencji uczestnicy wzięli udział w seminarium „Ekologiczne skutki oddziaływania człowieka na ekosystemy leśne”. Wygłoszono na nim 10 referatów i doniesień o następującej tematyce:

1. A. S. Isaev — „Wykorzystanie metod aerokosmicznych dla określania stanu lasów”.

Metody te pozwalają już obecnie na prowadzenie efektywnej kontroli lasów Syberii w zakresie uszkodzeń chemicznych ulistnienia lasów, zeru szkodników oraz powstawania i rozprzestrzeniania się pożarów leśnych.

2. Ł. P. Rysin — „Ekologiczne skutki wykorzystania rekreacyjnego lasów”. Tematyka ta nabiera w niektórych rejonach ZSRR coraz większego znaczenia.

3. K. M. Sytnik — „Doświadczenia pracy Komitetu Narodowego MaB Ukrainy w zakresie ochrony ekosystemów leśnych, ich racjonalnego wykorzystania i uproduktywienia”.

4. Ju. Ł. Martin — „Wczesna diagnostyka porażenia leśnych ekosystemów przez zanieczyszczenia atmosfery”.

5. F. Vašíček — „Skutki ekologiczne regulacji gospodarczej wód dla lasów dolinnych południowych Moraw”.

6. E. Klimo — „Wyniki ekologiczne intensywnej gospodarki w czystych lasach świerkowych”.

7. Ja. Materna — „Badania lasów Czechosłowacji uszkodzonych przez kwaśne deszcze”.

8. F. Kubiczek — „Oddziaływanie intensywnej gospodarki na funkcjonowanie, strukturę i produktywność ekosystemów leśnych Małych Karpat”.

9. G. Grünberg — „Podstawowe zagadnienia ochrony lasów i zadrzewień, jako wkład w ochronę gleb w NRD”.

10. S. Žigž — „Rezultaty badania, sposoby ochrony i racjonalnego wykorzystania lasów Mongolii”.

Po seminarium odbył się pokaz filmów poświęconych ochronie lasu a następnie wycieczka do Stacji Terenowej Rajec. Uczestnicy konferencji zapoznali się tu z metodami badawczymi stosowanymi w badaniach ekosystemów czystych lasów świerkowych w południowych Morawach. Niektóre z tych metod, oparte na oryginalnych patentach Instytutu Ekologii Lasu Wyższej Szkoły Rolniczej w Brnie, wzbudziły duże zainteresowanie dzięki prostocie zasad, na których je oparto oraz dokładności pomiaru poszczególnych czynników bilansu wodnego ekosystemu. Znaczenie tych badań podkreślano na końcowym spotkaniu uczestników konferencji i seminarium.

Przemysław Trojan

SYMPOZJUM NT. „SYSTEMY KONTROLI SEGMENTALNEJ RUCHÓW DOWOLNYCH U ZWIERZĄT I LUDZI”. 15-17.09.1985, GÖTEBORG

W ubiegłym roku prof. Anders Lundberg skończył 65 lat. Z tej okazji jego przyjaciele i uczniowie postanowili zorganizować międzynarodowe sympozjum na temat aktualnych problemów elektrofizjologii rdzenia kręgowego. Temat ten był pasją A. Lundberga przez całe życie.

Historia sympozjum poczęła się, jak powiedział prof. Hans Hultborn, na zjeździe neurofizjologów w Australii. Przyjaciele Lundberga zauważyli, że w 1985 roku kończy on 65 lat. Hultborn stwierdził wtedy ze smutkiem, że nic na to nie można poradzić, taka jest kolej życia. I okazało się, że choć nie można temu zaradzić, to można to uczcić. W ten sposób doszło do sympozjum.

Wzięło w nim udział 109 zarejestrowanych uczestników z 14 krajów, którzy wygłosili 33 referaty i przedstawili 45 posterów (plakatów). Ważniejsze od statystyki jest jednak, o czym mówiono na siedmiu kolejnych sesjach. Było to bardzo interesujące spotkanie, zaplanowane i zrealizowane w sposób niezwykle precyzyjny. Dzięki temu można było zapoznać się z obecnym stanem wiedzy o systemie kontroli ruchu na poziomie rdzenia kręgowego. I to nie tylko u zwierząt (koty, małpy), ale również u człowieka. Możliwość porównania wyników uzyskanych na tak różnych, a jednak podobnych obiektach doświadczalnych była jedną z wielu atrakcji tego spotkania.

O czym mówiono w czasie sympozjum? Najkrótszą odpowiedzią jest przedstawienie tytułów kolejnych sesji. I tak: 1) Problemy metodologiczne badania organizacji rdzeniowego aparatu neuronalnego (neuronów wstawkowych), 2) Rozkład monosynaptycznego pobudzenia i dwusynaptycznego hamowania z włókien Ia, 3) Wzajemne hamowanie Ia i hamowanie zwrotne (przez komórki Renshawa), 4) Odruchy z włókien czuciowych receptorów ścięgnistych (Ib), 5) Hamowanie presynaptyczne włókien czuciowych Ia, 6) Odruchy z włókien czuciowych grupy II, 7) Odruchy rdzeniowe w chorobach neurologicznych.

Wykład wprowadzający do sympozjum wygłosił, oczywiście, prof. A. Lundberg. Przedstawił on w skrócie historię swoich badań systemu czuciowego FRA [(Flexor Reflex Afferents — włókna czuciowe wywołujące odruch zginania). Włókna FRA dają szeroką projekcję na układ neuronów wstawkowych rdzenia kręgowego, a poprzez nie na motoneurony. Wpływy tego systemu, zależnie od sygnałów dochodzących z wyższych struktur układu nerwowego, mogą być zmieniane na hamujące lub pobudzające. Tak więc system ten ma, w rezultacie, zapewniać wzmocnienie sygnałów sterujących poprzez wykorzystanie informacji o stanie układu obwodowego. Wpływy zstępujące mają mieć główne znaczenie dla inicjacji ruchu, natomiast informacja z FRA byłaby istotna dla wykonania samego ruchu. W ten sposób hipoteza Mertona o sterowaniu ruchem poprzez wykorzystanie sprzężenia zwrotnego z motoneuronami gamma staje się znowu częściowo aktualna. System FRA miałby za zadanie wpływać torująco na interneurony pośredniczące w dopływie informacji czuciowej drogami specyficznymi. Dlatego też, powiedział A. Lundberg kończąc, prof. Kendall może mieć rację proponując zmianę nazwy systemu FRA na system GRA (General Reflex Afferents — włókna czuciowe odruchów niespecyficznych).

Pierwszą sesję poświęcono metodologicznym problemom doświadczeń wykorzystujących odruch Hoffmana (monosynaptyczna odpowiedź motoneuronów na pobudzenie włókien czuciowych Ia), głównie u ludzi. Wykazała ona, że tego typu badania wymagają wielkiej ostrożności przy ocenie wyników ze względu na możliwość niekontrolowanego wpływu na odpowiedź również z innych włókien czuciowych. Obiecująca jest metoda, z wykorzystaniem technik komputerowych, badania pobudliwości motoneuronów przy użyciu techniki PSTH (Post Stimulus Time Histogram — rozkład w czasie odpowiedzi po bodźcu) w trakcie słabego, kontrolowanego przez osobę badaną, skurczu mięśnia. Jednak, z tego powodu, metoda ta może być używana tylko w badaniach na ludziach. Podsumowując tę sesję uznano, że najbezpieczniej jest stosować przynajmniej dwie różne metody wykorzystujące odruch Hoffmana.

Kolejne trzy sesje (2-4) poświęcono omówieniu wpływów i połączeń z receptorów znajdujących się w mięśni — wrzecion (Ia) i ciałek Golgiego (Ib) — na neurony wstawkowe i motoneurony alfa. Z przedstawionych prac wynika, że układ segmentalnego aparatu ruchowego u człowieka jest analogiczny do układów istniejących u zwierząt. Różnice między nami a światem zwierzęcym dają się wytłumaczyć różnicami w sposobie poruszania.

W sesji piątej omawiano wyniki prac, w których starano się wykazać istnienie u człowieka zjawiska hamowania presynaptycznego włókien Ia. Wydaje się, że występuje ono również i u człowieka, choć bezpośrednich dowodów (przekonywujących) ciągle nie mamy.

Całe sympozjum było kolejnym dowodem na to, jak istotne jest utrzymywanie ścisłej więzi i wspólnej dyskusji nad otrzymywanymi wynikami pomiędzy ludźmi badającymi układ ruchowy zwierząt i ludzi. Pozwala to lepiej zrozumieć nie tylko mechanizmy zaburzeń (patologii), ale również sposób działania układu nerwowego w trakcie wykonywania przez nas wszelkich ruchów.

Stefan Kasicki

MIĘDZYNARODOWE SYPOZJUM POŚWIĘCONE BIOLOGII WODNYCH
SKĄPOSZCZETÓW (*OLIGOCHAETA*)*

Kolejne, trzecie międzynarodowe sympozjum poświęcone biologii wodnych *Oligochaeta* odbyło się na przełomie września i października (29.09-4.10.) 1985 roku na Uniwersytecie w Hamburgu. Sympozjum to było kontynuacją okresowych porad roboczych specjalistów zajmujących się tą grupą zwierząt, które zapoczątkowane zostały w 1979 roku w Instytucie Oceanologii w Sidney na Wyspie Vancouver (Kanada, Kolumbia Brytyjska). Wybór Uniwersytetu w Hamburgu, na miejsce obrad sympozjum, związany jest z prawie stuletnią tradycją badań *Oligochaeta* prowadzonych w tym mieście, gdzie znajduje się jedna z największych na świecie zoologicznych kolekcji *Oligochaeta*, stale powiększana i będąca podstawą dla licznych współcześnie prowadzonych badań tych zwierząt.

Obrady sympozjum, na którym wygłoszono 43 referaty, obejmowały następujące zagadnienia: faunistyka i zoogeografia, taksonomia, filogeneza, anatomia i ultrastruktura, występowanie w wodach zanieczyszczonych, dynamika populacji i ich produktywność, wpływ warunków środowiskowych na rozmieszczenie populacji, hodowle laboratoryjne i komercyjne.

Intensywnie obecnie rozwijane badania faunistyczne i zoogeograficzne dostarczają nadal nowych danych o nieznanych dotąd gatunkach *Oligochaeta* oraz rozmieszczeniu tych zwierząt w nie zbadanych dotąd środowiskach i regionach. Szczególnie wiele nowych informacji dostarczają badania *Oligochaeta* różnych środowisk wodnych Azji (np. rzeki w Chinach), północnej Afryki, jaskiń Gwinei, dużych rzek europejskich (np. Ren) oraz mórz i oceanów. Badaniom faunistycznym *Oligochaeta* przypisuje się obecnie bardzo duże znaczenie, ponieważ pogłębiają one wiadomości o występowaniu w różnych środowiskach gatunków stanowiących obiekt badań ekologicznych, fizjologicznych cytologicznych lub biologicznych (zwłaszcza biologia rozmnażania), lub używanych do celów gospodarczych (np. jako wskaźniki biologiczne lub niekonwencjonalne źródło białka dla innych hodowanych zwierząt).

Badania taksonomiczno-faunistyczne rozwijane są obecnie w kierunku opracowania rewizji poszczególnych rodzin, umożliwiających poprawną identyfikację taksonów, wyjaśnienie stanowiska systematycznego różnych form (podgatunków) gatunków politypowych oraz prowadzenia eksperymentalnych badań dotyczących zmian niektórych morfologicznych cech taksonomicznych *Tubificidae* i *Naididae* pod wpływem różnych czynników środowiskowych (pH, zasolenie, twardość wody, stężenie rtęci). Zmienność występowania określonych typów szczecin, ich rozmieszczenia na powierzchni ciała i budowy, np. pod wpływem nagłych zmian wielkości pH lub zwiększonej zawartości rtęci w wodzie, wykluczają w zasadzie możliwości poprawnego oznaczania gatunków wyłącznie na podstawie tych cech.

Badania filogenetyczne *Annelida*, w tym także *Oligochaeta*, koncentrują się głównie na wyjaśnieniu pochodzenia tych zwierząt oraz określeniu pokrewieństwa między poszczególnymi rodzinami. Szczególnie duże zainteresowanie wzbudzają prymitywne pod względem swej budowy formy pośrednie, wykazujące pod względem budowy anatomicznej i morfologii podobieństwo do kilku różnych rodzin. Badania tego typu są przydatne m.in. do konstrukcji różnego rodzaju hipotez na temat pochodzenia poszczególnych rodzin *Oligochaeta* i określenia stosunków filogenetycznych w obrębie całej grupy.

Badania anatomiczne i ultrastruktury różnych narządów *Oligochaeta* dotyczą obecnie głównie okryw ciała, mięśni oraz komórek powstających na różnych etapach gametogenezy, co umożliwia m.in. przeprowadzenie, na tej podstawie, szczegółowej analizy filogenetycznej. Duży rozgłos w ostatnich latach zdobyły badania bakterii symbiotycznych, występujących w komórkach nabłonka skórnych niektórych morskich gatunków *Tubificidae*. Sądzi się, że u tych pozbawionych często przewodu pokarmowego zwierząt bakterie o niezbadanej dotąd

* Szczegółowe sprawozdania zamieścił „Przegląd Zoologiczny” 1986, t. 30 i „Wiadomości Ekologiczne” 1986, t. 32.

budowie i fizjologii współdziałają w przebiegu procesów energetycznych oraz umożliwiają pochłanianie, w celach odżywczych, wolnych aminokwasów z niedotlenionych osadów dennych.

Wiele gatunków *Oligochaeta* lub struktura zgrupowań tych zwierząt stosowane mogą być jako wskaźniki zanieczyszczenia środowiska. Sztuczne hodowle niektórych gatunków (np. *Tubifex tubifex*) używa się w biotestach umożliwiających określenie stopnia toksyczności wód, np. przy wzrastającym zanieczyszczeniu metalami ciężkimi. Ocena wielkości ładunku zanieczyszczeń organicznych i mineralnych zrzucanych do wód powierzchniowych może być orientacyjnie oceniona na podstawie wielkości respiracji populacji *Oligochaeta*, jej zagęszczenia, a nawet w dużym stopniu składu gatunkowego. Długoletnie obserwacje zmian i zróżnicowania gatunkowego fauny *Oligochaeta* w jeziorach umożliwiają ocenę zmian trofii zbiornika. *Oligochaeta* są także jedną z pionierskich grup bentosu w jeziorach całkowicie zdegradowanych, w których po odcięciu ścieków odradza się życie biologiczne.

Intensywnie prowadzone są nadal badania wielkości zagęszczenia, biomasy i produkcji populacji wodnych *Oligochaeta* oraz wpływu warunków troficznych, tlenowych i temperaturowych na kształtowanie się wielkości populacji przy zastosowaniu różnego rodzaju metod, m.in. obliczeniowych z wykorzystaniem funkcji wykładniczych. Coraz częstsze są obecnie także badania różnych aspektów życia wodnych *Oligochaeta*, oparte na hodowlach określonych gatunków. Dotyczy to zwłaszcza poznania cykli życiowych lub intensywności metabolizmu w warunkach beztlenowych, np. w osadach morskich. *Tubificidae*, uzyskiwane z masowych komercyjnych akwakultur, mogą być stosowane jako wartościowa pasza białkowa o dużych wartościach odżywczych dla innych zwierząt hodowanych w akwakulturach.

W symposium wzięło udział 60 specjalistów z 14 krajów Europy zachodniej oraz Ameryki Północnej i Południowej, oraz jeden przedstawiciel krajów socjalistycznych. W podsumowaniu obrad nakreślono główne kierunki rozwoju badań wodnych *Oligochaeta* na świecie oraz możliwości dalszej międzynarodowej współpracy, najlepiej rozwijającej się obecnie w oparciu o prywatne kontakty między specjalistami.

Krzysztof Kasprzak

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Адам Урбанек</i> — Выступление на Третим Конгрессе Польской Науки	351
<i>Владислав Гродзински, Здислав Качмарек</i> — Об экологии, охране окружающей среды и природных ресурсов	355
<i>Лешек Кузницки</i> — Выступление на Третим Конгрессе Польской Науки	361
<i>Влодзимеж Михайлов</i> — Экологическая безопасность и сохранение мира	365
<i>Генрик Шарски</i> — Необходим ли новый подход к эволюции?	371
<i>Алина Дырчова</i> — Возвращающая дилемма: наследование приобретенных при- знаков	377
<i>Збигнев Солтыс</i> — Синтез и эволюция макромолекул в симулированных пребиоти- ческих условиях	387
<i>Юзеф Дуляк, Барбара Плытыч</i> — Новообразование: филогенетический аспект	403
<i>Мария Адамска, Роман Гондко</i> — Дыхательные белки беспозвоночных	417
<i>Анджей Дырч</i> — Ко-оперативное гнездование, взаимоотвечание и альтруизм у птиц	425
<i>Болеслав Гонет</i> — Томография ЯМР а биомагнетизм	433
<i>Веслав Ставиньски</i> — Диаактические ценности учебника Кшиштофа Ключа „Бота- тика для народной школ”	439

CONTENTS

<i>Adam Urbanek</i> — Speech on the Third Congress of Polish Sciences	351
<i>Władysław Grodziński, Zdzisław Kaczmarek</i> — On ecology, environment protection and natural resources	355
<i>Leszek Kuźnicki</i> — The pronouncement on the Third Congress of Polish Sciences	361
<i>Włodzimierz Michajłow</i> — Ecological security and the world peace	365
<i>Henryk Szarski</i> — Is a new approach to evolution necessary?	371
<i>Alina Dyrzowa</i> — Returning dilemma: inheritance of acquired characteristics	377
<i>Zbigniew Soltys</i> — Synthesis and evolution of macromolecules under simulated prebiotic conditions	387
<i>Józef Dulak, Barbara Plytycz</i> — Tumors: phylogenetic aspect	403
<i>Maria Adamska, Roman Gondko</i> — Respiratory proteins of invertebrates	417
<i>Andrzej Dyrz</i> — Cooperative breeding, reciprocity and altruism in birds	425
<i>Bolesław Gonet</i> — NMR tomography and biomagnetism	433
<i>Wiesław Stawiński</i> — Educational values of Krzysztof Kluk's handbook "Botany for the National Schools"	439

SPIS TREŚCI

<i>Adam Urbanek</i> — Wypowiedź na III Kongresie Nauki Polskiej	351
<i>Władysław Grodziński, Zdzisław Kaczmarek</i> — O ekologii, ochronie środowiska przyrodniczego i zasobach naturalnych	355
<i>Leszek Kuźnicki</i> — W poszukiwaniu dróg skutecznego działania — głos w dyskusji nad przyszłością nauki w Polsce	361
<i>Włodzimierz Michajłow</i> — Bezpieczeństwo ekologiczne świata a utrzymanie pokoju	365
<i>Henryk Szarski</i> — Czy potrzebne jest nowe spojrzenie na ewolucję?	371
<i>Alina Dyrcewowa</i> — Powracający dylemat — dziedziczenie cech nabytych	377
<i>Zbigniew Soltys</i> — Synteza i ewolucja makromolekuł w symulowanych warunkach prebiotycznych	387
<i>Józef Dulak, Barbara Płytycz</i> — Nowotwory: aspekt filogenetyczny	403
<i>Maria Adamska, Roman Gondko</i> — Białka oddechowe bezkręgowców	417
<i>Andrzej Dyrcew</i> — Łęgi zespołowe, odwzajemnianie i altruizm u ptaków	425
<i>Bolesław Gonet</i> — Tomografia NMR a biomagnetyzm	433
<i>Wiesław Stawiński</i> — Wartości dydaktyczne podręcznika Krzysztofa Kluka „Botanika dla szkół narodowych”	439

RECENZJE

<i>Napoleon Wolański</i> — Nowoczesny podręcznik antropologii	453
<i>Gabriela Bujalska</i> — H. Remmert: Ekologia	455
<i>Antoni Żyłka</i> — Krasnaja Kniga SSR. T. I	457
<i>Józef Dulak</i> — Brain F. C. Clark: The genetic code and protein biosynthesis	458
<i>Józef Dulak</i> — J. R. Warr: Genetic engineering in higher organisms	459
<i>Józef Dulak</i> — The Cambridge Encyclopedia of Life Sciences	461
<i>Barbara Płytycz</i> — R. van Furth (red.): Mononuclear phagocytes. Characteristics, physiology, and function	462

ZEBRANIA, ZJAZDY I KONFERENCJE NAUKOWE

<i>Przemysław Trojan</i> — VI Konferencja Komitetów Narodowych „Człowiek i Biosfera” krajów socjalistycznych, Brno	465
<i>Stefan Kasicki</i> — Sympozjum nt. „Systemy kontroli segmentalnej ruchów dowolnych u zwierząt i ludzi”, Göteborg	467
<i>Krzysztof Kasprzak</i> — Międzynarodowe sympozjum poświęcone biologii wodnych skąposzczetów (<i>Oligochaeta</i>), Hamburg	469

Informacja dla Autorów

KOSMOS jest kwartalnikiem adresowanym do szerokiego grona biologów. Publikuje oryginalne artykuły referatowe i przeglądowe informujące o postępach wiedzy w różnych dziedzinach nauk biologicznych. Prowadzi dział dyskusji i krytyki naukowej oraz dział recenzji. Podaje informacje o działalności instytutów i zakładów naukowych oraz omówienia przebiegu ważniejszych zjazdów, sympozjów i konferencji. Zamieszcza krótkie notatki o najnowszych odkryciach i syntetyczne omówienia rozwoju badań w wybranych dziedzinach nauki, opracowane przez specjalistów dla szerszego grona odbiorców.

Autorzy są odpowiedzialni za merytoryczną treść artykułów, poprawność użytej nomenklatury naukowej oraz za ścisłość podawanych informacji. Proszeni są o nadsyłanie tekstów opracowanych starannie pod względem językowym i stylistycznym oraz zgodnie z podanymi niżej wskazówkami technicznymi.

Artykuły i inne materiały nadsyłane do KOSMOSU są recenzowane i redagowane stosownie do wskazówek recenzentów w porozumieniu z Autorami. Redakcja zastrzega sobie prawo skracania tekstów i wprowadzania poprawek nie wpływających na treść pracy. Autorów obowiązuje korekta autorska; ponoszą oni koszty zmian tekstu w korekcie, wykraczających poza usunięcie błędów drukarskich.

Zamieszczone w KOSMOSIE prace honoruje się według obowiązujących stawek autorskich. Autorzy artykułów otrzymują bezpłatnie 25 odbitek; zamówienia na płatne, dodatkowe odbitki należy zgłaszać pisemnie łącznie ze zwrotem korekty autorskiej.

Przygotowanie prac do druku

1. Prace należy nadsyłać w 2 egzemplarzach, zarówno tekst jak i załączniki.
2. Maszynopis powinien być sporządzony na białym papierze formatu A4, na maszynie i czcionką normalnej wielkości, przez czarną taśmę, jednostronnie z podwójnym odstępem między wierszami i ok. 4 cm marginesem po lewej stronie, nie więcej niż 60 znaków w jednym wierszu i nie więcej niż 30 wierszy na jednej stronie. Strony należy numerować.
3. Na oddzielnej, nie numerowanej stronie tytułowej należy podać: tytuł pracy, imię (w pełnym brzmieniu) oraz nazwisko autora, adres zakładu pracy i adres zamieszkania, nr telefonu w miejscu pracy (lub w domu) oraz wskazówki dotyczące przesyłania korespondencji i sposobu przekazania honorarium (także nr konta). Przy artykułach (dział I Kosmosu) i pracach przeznaczonych do działu „Dyskusja i krytyka” należy podać tłumaczenie tytułu na język angielski i rosyjski.
4. Teksty powinny być pisane bez używania wyróżnień jak podkreślanie, spacje lub pisanie dużymi literami (wersalikami). Wszelkie wskazówki dla redakcji dotyczące wyróżnień w tekście należy zaznaczać zwykłym ołówkiem, zaś dotyczące składu (np. odnośnie wstawienia rysunku lub tabeli) — ołówkiem na marginesie maszynopisu.
5. Załączone do maszynopisu tabele, rysunki, schematy, mapy, wzory itp. powinny być oznaczone na marginesie lub na odwrotnej stronie przez podanie nazwiska autora i początkowych wyrazów tytułu pracy, a także nr jednej jednostki ilustracyjnej.
6. Tabele winny być napisane w układzie zbliżonym do układu zecerskiego, a tekst nie powinien przekraczać linii ograniczających poszczególne kolumny. Treść tabel należy pisać z podwójnym odstępem między wierszami, jak tekst podstawowy. Należy unikać dzielących linii pionowych i poziomych (z wyjątkiem główek). Liczby wielocyfrowe należy pisać dzieląc je od końca na grupy po 3 cyfry (np. 50 000).
7. Rysunki, schematy, mapy, fotografie i inne materiały ilustracyjne muszą nadawać się do reprodukcji lub przerysowania. Oryginały rysunków winny być wykonane tuszem na kalce technicznej lub na białym papierze. Rysunki robocze winny być sporządzone czytelnie,

w sposób umożliwiający bezbłędne wykonanie czystorysów do reprodukcji. Odbitki fotograficzne winny być wykonane w formacie nie mniejszym niż późniejsze reprodukcje w tekście, na białym papierze błyszczącym o odpowiednim kontraście. Map i planów nie należy przeładowywać zbyt obszerną treścią i szczegółowymi oznaczeniami, gdyż może to spowodować nieczytelność reprodukcji.

8. Wszystkie jednostki ilustracyjne winny być ponumerowane ze wskazaniem, w razie potrzeby, góry rysunku. Podpisy powinny być podane na oddzielnej stronie maszynopisu.

9. Literaturę należy podać na końcu maszynopisu w kolejności omawianych w tekście prac. Odnośniki bibliograficzne, w wypadku czasopism, winny zawierać dane w następującej kolejności: liczba porządkowa, nazwisko i pierwsza litera imienia autora, tytuł pracy w pełnym brzmieniu, przyjęty skrót tytułu czasopisma, tom, strony (od-do) i rok. Przy wydawnictwach książkowych należy podawać: liczbę porządkową, nazwisko i pierwszą literę imienia autora, tytuł książki, przy pracach wielotomowych: nr tomu, przy wydawnictwach seryjnych: nazwę serii, a dalej: nazwę wydawnictwa (w skrócie), miejsce i rok wydania.

Powołanie się w tekście na odnośną pozycję literatury następuje przez podanie liczby porządkowej w nawiasie kwadratowym. Przy cytowaniu prac o podstawowym znaczeniu dla omawianego zagadnienia wskazane jest poza tym przytoczenie w tekście również nazwiska autora (autor i współpr.).

W ten sposób przygotowany materiał autorski pozwoli uniknąć błędnego składu lub reprodukcji i wpłynie niewątpliwie na skrócenie cyklu wydawniczego.

**Tylko prenumerata zapewnia
regularne otrzymywanie
kwartalnika**

K O S M O S A

Prenumerata krajowa

Warunki prenumeraty:

Prenumeratę na kraj przyjmują i informacji o cenach udzielają urzędy pocztowe i doręczyciele na wsi oraz Oddziały RSW „Prasa-Książka-Ruch” w miastach.

Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę przyjmuje RSW „Prasa-Książka-Ruch”, Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, konto NBP XV Oddział w Warszawie Nr 1153-201045-139-11. Wysyłka za granicę pocztą zwykłą jest droższa od prenumeraty krajowej o 50% dla zleceniodawców indywidualnych i o 100% dla zlecających instytucji i zakładów pracy.

Prenumerata zagraniczna

Terminy przyjmowania prenumerat na kraj i za granicę:

- do dnia 10 listopada na II półrocze roku następnego i na cały rok następny
- do dnia 1 czerwca na III półrocze roku bieżącego.

Bieżące i archiwalne numery można nabyć lub zamówić we Wzorcowni Ośrodka Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN, Pałac Kultury i Nauki, 00-901 Warszawa. Subscription orders for all the magazines published in Poland available through the local press distributors or directly

through the
Foreign Trade Enterprise
ARS POLONA

00-068 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 7, Poland

Our bankers:

BANK HANDLOWY WARSZAWA S.A.

Indeks 36260