

PL ISSN 0023-4249

Indeks 362808

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS



Tom 40

WARSZAWA 1991

Numer 2—3 (211—212)

W Y D A W N I C T W O N A U K O W E P W N

K O S M O S

Rok założenia 1876



Warszawa 1991

Wydawnictwo Naukowe PWN

RADA REDAKCYJNA

LESZEK KUŹNICKI (wiceprzewodniczący), WŁODZIMIERZ MICHAJŁOW,
WŁODZIMIERZ OSTROWSKI, HENRYK SZARSKI, PRZEMYSŁAW TROJAN,
ADAM URBANEK (przewodniczący), KAZIMIERZ ZIELIŃSKI
sekretarz: JADWIGA KOBUSZEWSKA

KOMITET REDAKCYJNY

BRONISŁAW CYMBOROWSKI, WŁADYSŁAW GOLINOWSKI, LUCYNA GRĘBECKA
ANTONI HOFFMAN, WŁODZIMIERZ MICHAJŁOW (redaktor naczelny),
KRZYSZTOF STAROŃ, KAZIMIERZ L. WIERZCHOWSKI
(zastępca redaktora naczelnego), JERZY ŻUK
sekretarz: JADWIGA KOBUSZEWSKA

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

Wydano z pomocą finansową
Polskiej Akademii Nauk

WYDAWNICTWO NAUKOWE PWN — WARSZAWA, ul. MIODOWA 10

Ark. wyd. 13,5. Ark. druk. 11,75. Papier druk. mat. III 71 g. B-1
Oddano do składania w sierpniu 1991 r. Podpisano do druku
w listopadzie 1991 r. Druk ukończono w grudniu 1991 r.

Skład: „PAMACOMP”. Druk i oprawa: Drukarnia — Warszawa, ul. Hajoty 50.

ADAM URBANEK

Instytut Paleobiologii PAN
Warszawa

WSPÓŁCZESNE NIEKONWENCJONALNE TEORIE EWOLUCJI

Teorie naukowe, które zyskują duże uznanie i przyczyniają się do wyjaśnienia licznych faktów i zjawisk, mogą osiągnąć stadium **wiedzy kanonicznej**. Następuje to wtedy, gdy teoria spotyka się przeważnie z przychylnym przyjęciem, gdy wskutek tego jest przedstawiana w korzystnym świetle, uznawana przez największe autorytety naukowe i eksponowana w ich dziełach — oraz wykładana na uczelniach jako wiedza pewna, jako paradygmat, który z powodzeniem może służyć jako podstawa do bieżących badań naukowych.

Coś takiego zdażyło się około roku 1950 z **syntetyczną teorią ewolucji** — doktryną, która stanowiła produkt połączenia darwinowskiej teorii doboru naturalnego z ówczesną genetyką na etapie chromosomowej teorii dziedziczności (morganizm) oraz z nową jej gałęzią, która otrzymała nazwę genetyki populacyjnej. Do tego trzonu pojęciowego, który powstał drogą integracji wspomnianych teorii cząstkowych, dołączyły dalsze dziedziny biologii ewolucyjnej, takie jak systematyka (z jej teorią specjacji), paleontologia (z jej koncepcją makroewolucji), a potem niektóre inne dziedziny. W stulecie teorii doboru naturalnego (1959) teoria syntetyczna prezentowała się jako dominująca doktryna współczesnego ewolucjonizmu. Stanowiła ona punkt odniesienia, pewnego rodzaju **standard** poprawnej metodologii w podejściu do zagadnień ewolucyjnych. Oparte na tej metodologii programy badawcze, hipotezy i teorie można uznać za **konwencjonalne**, istniała bowiem prawie powszechna zgoda, że są poprawne. Prądy stojące w opozycji do tego bardzo ważnego nurtu określałam jako **niekonwencjonalne**.

Udziałem teorii naukowych osiągających stadium kanoniczne, jest nierzadko niedoceniecie nowo odkrywanych zjawisk i koncepcji. Teorie kanoniczne cechuje znaczny stopień konserwatyzmu, chęć uznania osiągniętego już stanu za ostatnie słowo nauki. Coś podobnego wystąpiło również w rozwoju teorii syntetycznej. Mówi o tym m.in. K i m u r a [21], autor heterodoksalnej teorii mutacji neutralnych i określa to mianem „nadrozwoju” („overdevelopment”) teorii syntetycznej.

Rodzi się pokusa spojrzenia na nowo na całe zagadnienie: jak dobre są konwencjonalne i niekonwencjonalne teorie ewolucji?

WZROST I STRUKTURA TEORII SYNTETYCZNEJ

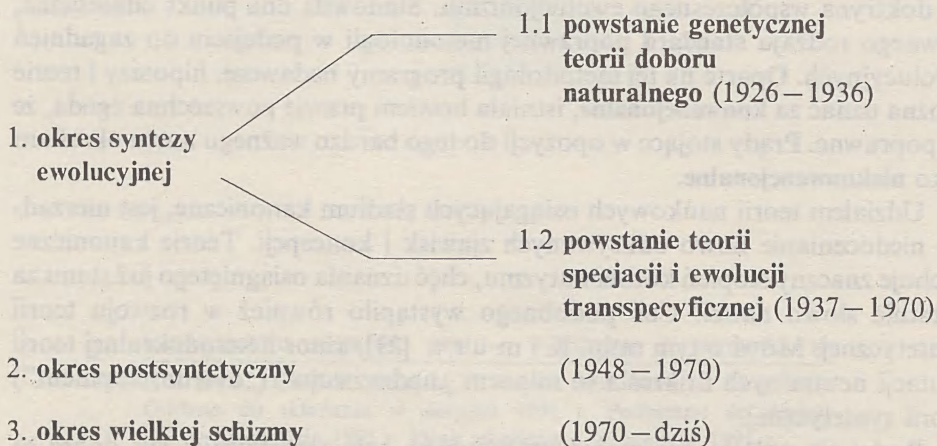
Jeżeli uznajemy syntetyczną teorię ewolucji za pewien **standard**, to warto przyrzeć się procesowi jej historycznego wzrostu. Nie jest to bowiem, jakby mogło się wydawać, zamknięty system teoretyczny, który powstał w pewnym określonym czasie i nie podlegał już dalszym zmianom.

M a y r (1988) wyróżnia wcześniejsze stadium „fisheryzmu” (1918-1933), w którym powstały zręby genetycznej teorii doboru naturalnego oraz właściwy **okres ewolucyjnej syntezy** (1936-1947), gdy sformowano genetyczną i biogeograficzną teorię specjacji oraz wykazano, że zapis paleontologiczny daje się zinterpretować za pomocą pojęć tej nowej teorii. Duże znaczenie miały tu dzieła D o b z h a n s k y ’ e g o (1937), M a y r a (1942), a przede wszystkim H u x l e y a (1942), którego tytuł dał też nazwę samej teorii. Dokończeniem syntezy były dzieła S i m p s o n a (1944), R e n s c h a (1947) i należy dodać także S z m a l h a u s e n a (1946). Syntetyczna teoria ewolucji jest więc wydarzeniem policentrycznym i odkryciem wielokrotnym. Miała też w Ameryce i w Anglii, ale również w Rosji i w Niemczech swą wcześniejszą prehistorię.

Późniejsze lata można podzielić za M a y r e m na (1) **okres postsyntetyczny** (1947-1970), (2) **okres punktualizmu** (1954-1972) i (3) **powtórne odkrycie znaczenia doboru naturalnego** (1970-1980). W chronologii tej uderza niedocenia- nie znaczenia wykrycia przez K i m u r e i innych mutacji przystosowawczo neutralnych i zmiana stosunku teorii syntetycznej do problemu selekcji — tj. przejście od ujęć nierzadko **pansel ekcjonistycznych** do **selekcjonizmu krytycz- nego** (adaptacyjnego).

Chronologia zaproponowana przez M a y r a wymaga komentarza (por. diagram).

Wzrost i struktura STE



Po pierwsze nietrafne wydaje się tak wyraźne oddzielanie „fisheryzmu” od okresu „ewolucyjnej syntezy”. Rozwój pojęć w tym ostatnim okresie jest bowiem nierozdzielnie związany z **genetyczną teorią doboru naturalnego**, którego podstawy kładli *C h e t v e r i k o v*, *F i s h e r*, *H a l d a n e*. Proponuję podzielić okres ewolucyjnej syntezy na dwa etapy — wcześniejszy: powstanie genetycznej teorii doboru naturalnego (1926-1936) oraz powstanie teorii specjacji (1937-1947). Po okresie postsyntetycznym (1947-1970) proponuję wyróżnić okres wielkiej schizmy (1970-dziś), charakteryzującej się powstaniem punktualizmu, teorii neutralnych mutacji, niedarwinowskich koncepcji masowego wymierania oraz wzrostem neodeterminizmu ewolucyjnego (por. schemat). Tym procesom pewnej erozji towarzyszy jednak równoczesne wewnętrzne umocnienie teorii doboru przez nowoczesne rozpoznanie znaczenia doboru płciowego (teoria selekcji krewniaczej, socjobiologia), wprowadzenie teorii gier itp.

Mówiąc więc o **syntetycznej teorii ewolucji**, musimy uwzględnić jej historyczne przemiany, zmiany akcentu i stosunku do pewnych koncepcji — **zmiany zakresu i treści teorii syntetycznej**.

W istocie syntetyczna teoria ewolucji nie stanowi jednoznacznego układu odniesienia — możemy się nim posługiwać jedynie umownie, biorąc pod uwagę takie jej tezy, które pozostają względnie stałe.

Wypowiadano różne poglądy co do czasu powstania syntezy ewolucyjnej, często stwierdzając, że była ona opóźniona. Jej powstanie poprzedzone było bowiem ćwierćwieczem „agnostycyzmu ewolucyjnego”, gdy pod wpływem mendelizmu kwestionowano nie tylko darwinizm, ale i wypowiadano się bardzo sceptycznie na temat samego faktu ewolucji. Ostatnio *B o w l e r* (1988) doszedł wręcz do wniosku, że prawdziwa recepcja darwinizmu dokonała się dopiero w dwudziestych-trzydziestych latach, w postaci teorii syntetycznej. Była to prawdziwa, chociaż tak bardzo opóźniona „rewolucja darwinowska”, po raz pierwszy bowiem ujawniła pełny potencjał poznawczy teorii doboru naturalnego. Okres dwudziestolecia po ukazaniu się *The Origin...* (1860-1880), często określane takim samym mianem, jest zdaniem *B o w l e r*a jedynie „ewolucją niedarwinowską” — doprowadziła bowiem do przyjęcia ewolucji jako obiektywnego zjawiska przyrody, ale sam darwinizm pozostał w cieniu innych koncepcji i nie zdobył dominującej pozycji.

Chociaż teoria syntetyczna oznaczała opóźniony triumf darwinizmu, nie może być uważana po prostu za powrót do klasycznych źródeł. Obok bowiem koncepcji wywodzących się z darwinizmu, teoria syntetyczna zawierała liczne koncepcje niedarwinowskie (cała genetyka!). Potem przyjęło się uważać teorię syntetyczną za zmodernizowaną wersję neodarwinizmu. Było to w znacznym stopniu uzasadnione w momencie powstawania zrębów teorii (lata 30.- 40.). Po licznych korektach teorii w okresie postsyntetycznym (*M a y r* — 1988, wymienia 13 takich korekt) dalsze określanie jej mianem neodarwinizmu, chociaż rozpowszechnione, nie jest już moim zdaniem uzasadnione, a nawet wprowadza w błąd. Do sprawy tej powrócę w dalszej części artykułu.

TEORIE MAKROGENETYCZNE

Wcześniejsza opozycja w stosunku do syntetycznej teorii ewolucji reprezentowana była przez grupę teorii, które nazywam tu **makrogenetycznymi teoriami ewolucji** (zapożyczając termin *macrogenesis* od J e p s e n a, 1943). Postulują one **skokowe powstawanie nowych typów strukturalnych i przystosowawczych** (tzw. *Baupläne*), definiujących tym samym nowe grupy systematyczne (tzw. typogeneza w terminologii S c h i n d e w o l f a). Materiałem wielkoskalowych przemian ewolucyjnych są makromutacje, dające efekty fenotypowe zbliżone do teratologicznych („potwory z przeszłością” G o l d s c h m i d t a, 1940), tworzące zrąb morfologiczno-funkcjonalny nowych kategorii systematycznych. Szczególne znaczenie mają radykalne zmiany wczesnych stadiów rozwoju ontogenetycznego, zgodnie z którymi „pierwszy ptak wyłgł się z jaja gada” (wykorzystano tu poglądy G a r s t a n g a, 1922). Zmiany wczesnych stadiów ontogenezy antycypują więc odpowiednie stadia filogenezy. Tym oraz skokowym charakterem przemian tłumaczy się nieciągłości zapisu paleontologicznego, m.in. brak form przejściowych odnoszących się do wczesnych etapów ewolucji danego szczepu.

Równocześnie koncepcje makroogenezy postulują **określoną fazowość procesów ewolucyjnych**, stanowiących odwzorowanie indywidualnego cyklu życiowego. Wczesna faza ewolucji („młodość”) odznacza się swobodą kształtującą, powstają wtedy zręby nowych typów organizacji. Po niej następuje faza stabilizacji („dojrzałość”), wykorzystywanie powstałych typów budowy w procesach radiacji przystosowawczej i różnicowania. W miarę rozwoju dochodzi do wyczerpywania potencjału ewolucyjnego poszczególnych szczepów, czemu towarzyszą cechy degeneracji, dysharmonii („starzenie się”). Jest to znana teoria senilizmu filogenetycznego (filogerontyzmu).

Teorie makrogenetyczne reprezentowane są w różnych wariantach przez poglądy B e u r l e n a, S c h i n d e w o l f a, G o l d s c h m i d t a, P e t r u n k e v i t c h a i wielu innych. Były również, tak jak teoria syntetyczna, próbą syntezy genetyki z danymi paleontologii, tyle że zaczerpnięte zostały z innej genetyki. Mianowicie mendelizmu i mutacjonizmu, bez uwzględniania późniejszego rozwoju pojęć w genetyce populacyjnej. Była to próba syntezy niejako przedwczesna. Stąd charakterystyczny „organizmocentryzm” tych teorii, skupienie się na indywidualnym ustroju jako na modelu przemian ewolucyjnych. Brak w nich charakterystycznego dla teorii syntetycznej „myślenia populacyjnego” i zastąpienie go koncepcjami typologicznymi. Teorie makrogenetyczne stanowią próbę sformułowania współczesnej wersji klasycznej morfologii. Podkreśla się przy tym zasadniczą, jakoby, niezgodność morfologii z darwinizmem.

Twórcy syntetycznej teorii, zwłaszcza M a y r (1963), odnosili się bardzo krytycznie do wszelkich koncepcji typologicznych. Powinny one zostać zastąpione, ich zdaniem, przez myślenie populacyjne, w którym osobnik jest nie

tak nosicielem określonego typu, co zespołu genów, który ulega przetasowaniu w każdym pokoleniu w wyniku procesów płciowych. Z tym wiąże się koncepcja tzw. gatunku biologicznego, rozwinięta szczególnie w pracach M a y r a i przedstawiana jako jedyna koncepcja gatunku, spójna z podstawami syntetycznej teorii ewolucji (z tym poglądem nie zgadzał się jednak S i m p s o n proponując własną koncepcję tzw. „gatunku ewolucyjnego”). Gatunek biologiczny to system złożony z populacji mendlowskich zachowujących się razem jako jeden zamknięty system genetyczny (brak przepływu genów). Dziś wiemy, że koncepcja ta nie daje się zastosować do *Procaryota*, gdzie dochodzi do wymiany genów, na drodze różnych mechanizmów niekonwencjonalnych, między genetycznie bardzo odległymi grupami drobnoustrojów. Także dla licznych organizmów klonalnych sens gatunku biologicznego ulega zmianie. Dlatego Van V a l e n (1987) mówi wręcz o „ewolucji weismannowskiej” i „nieweismannowskiej”. Ta ostatnia odnosi się do ustrojów klonalnych i polega na powielaniu nie zmienionego genotypu na drodze rozmnażania bezpłciowego.

W tych przypadkach typologiczne koncepcje gatunku okazują się bardziej adekwatne od koncepcji populacyjnych. Nie jest to jedyna sfera zastosowania koncepcji typologicznych we współczesnym ewolucjonizmie, obserwujemy bowiem ich odrodzenie w różnych dziedzinach badań. Także program tzw. morfologii konstrukcyjnej nawiązuje po części do koncepcji typologicznych postulując, że struktury biologiczne są kompromisem między potrzebami przystosowawczymi a właściwościami fizycznego i chemicznego tworzywa ustrojów.

Teorie makrogenetyczne zyskiwały swe szersze wpływy w pierwszych latach po II wojnie światowej, przyjmowane jako poważna, a niekiedy lepsza alternatywa dla teorii syntetycznej (np. przez filozofów biologii, G r e n e, 1936). Ale ich wcześniejsze wersje, jak dzieło S c h i n d e w o l f a (1936) spotkały się z polemiką już w trakcie tworzenia się teorii syntetycznej, która stanęła w opozycji do wielu twierdzeń teorii makrogenetycznych. Uważa się nawet, że ta polemika przyczyniła się do ugruntowania własnej platformy w nowoczesnej syntezie opartej na neodarwinizmie i współczesnej genetyce.

Teorie makrogenetyczne jako zwarte systemy nie utrzymały się zbyt długo, nie wytrzymując konkurencji z teorią syntetyczną, która wnet stała się dominującą szkołą myślenia o ewolucji. Ale pewne idee, zaproponowane przez te teorie, okazały się niezwykle trwałe i powielane są do ostatnich lat w licznych wersjach.

Taką trwałą tezą jest **myśl o znaczeniu makromutacji w ewolucji**, zwłaszcza ewolucji na skalę transspecyficzną. Badacze o różnym podejściu i hołdujący różnym poglądom na temat czynników ewolucji wysuwali zgodnie pogląd, że mikromutacje nie mogły stanowić wyłącznego lub głównego materiału procesów ewolucyjnych. Ostatnio badania nad genetyką molekularną mutacji homeotycznych stworzyły dogodny klimat do takich poglądów. Dlatego teza o stopniowym charakterze ewolucji, głoszona przez teorię syntetyczną, uległa pod wpływem krytyki charakterystycznemu „zmiękczeniu”. Obecnie oznacza to

ciągłość przemian populacyjno-genetycznych, rozumianych jako nieprzerwany ciąg pokoleń (ciągłość reprodukcyjna), podczas gdy zmienność genetyczna i jej wyraz fenotypowy mogą być w różnym stopniu nieciągłe (por. M a y r 1988).

Drugą tezę, która okazała się trwała i atrakcyjna dla badaczy następnych pokoleń jest **postulat dwoistości mechanizmu ewolucji** — rozdzielił ich na mechanizmy odpowiedzialne za powstawanie i doskonalenie przystosowań, oraz za zmiany organizacji i planu budowy. Postulat rozłączenia („decoupling”) mikro- i makroewolucji zawarty w tezach punktualizmu nawiązuje moim zdaniem do tych poglądów.

KONCEPCJE PUNKTUALISTYCZNE

Koncepcje punktualizmu wywołały niezwykle burzliwą debatę, w której wielokrotnie naświetlano zarówno podstawy teoretyczne, jak i faktyczne tych wpływowych idei. W literaturze polskiej wspomnę tylko H o f f m a n a (1987) oraz U r b a n k a (1987), gdzie zainteresowany Czytelnik znajdzie bardziej szczegółową charakterystykę tych poglądów. Obecnie ograniczę się do próby określenia miejsca punktualizmu wśród współczesnych koncepcji ewolucyjnych. Punktualizmu nie można sprowadzać po prostu do wcześniejszych myśli, które powstały na kontynencie europejskim i które omawialiśmy pod nazwą koncepcji makrogenetycznych. Jednak pewne istotne podbieństwa, np. między teorią S c h i n d e w o l f a (1952) i punktualizmem, niewątpliwie występują. Obie koncepcje głoszą pewną fazowość ewolucji i obok fazy intensywnych zmian morfologicznych podkreślają fazę zastoju lub zahamowania zmian morfologicznych (Typostase u S c h i n d e w o l f a, stasis u E l d r e d g e ' a i G o u l d a). Obie teorie podkreślają rozłączenie przemian mikro- i makroewolucyjnych, ale różnie patrzą na rolę specjacji. Jest ona bardzo istotna w punktualizmie, ale marginalna w teoriach makrogenetycznych. Zwolennicy punktualizmu w szerszym zakresie akceptują rolę selekcji, ale za to odrzucają gradualizm klasycznego darwinizmu. Nic dziwnego, że przy tak mozaikowym przemieszaniu argumentów, punktualiści nie mogą określić swego miejsca wśród doktryn ewolucyjnych. Niekiedy przedstawiają swe poglądy jedynie jako rozwinięcie teorii specjacji perypatrycznej M a y r a, a więc jako przydatek do teorii syntetycznej, innym razem jako alternatywę dla całego darwinizmu, zastępującą go zasadniczo nowym punktem widzenia. Ostatnio M a y r (1988) podjął próbę oceny stosunku punktualizmu do teorii syntetycznej, dochodząc do wniosku, że przeciwieństwa między nimi nie są tak ostre jak się przeważnie przedstawia. W istocie punktualizm składa się z dwu, w zasadzie niezależnych teorii. Pierwsza stwierdza, że większość zmian ewolucyjnych zachodzi w czasie specjacji, druga zaś, że bezpośrednio po niej gatunek wchodzi w fazę stagnacji (stasis). Pierwsza idea, że nowe fenotypy powstają w sposób raptowny i nieciągły, nie jest bynajmniej sprzeczna z darwinizmem (M a y r, Maynard S m i t h). Natomiast tradycja darwinowska wypowiada się przeciw takso-

onomicznej saltacji — powstawaniu nowych jednostek systematycznych przez wytwarzanie pojedynczych radykalnie zmienionych osobników (phenotypic saltation *versus* taxic saltation). M a y r podkreśla zweryfikowany sens gradualizmu — jest nim ciągłość rozrodcza w kolejnych pokoleniach populacji, w ciągu których dochodzi do stopniowych zmian składu populacji, przechodzącej stadium polimorfizmu. Niezależnie od wielkości uchylenia fenotypowego, każda zmiana jest populacyjnie gradualistyczna. M a y r przyjmuje też za trafną koncepcję stasis, widząc jej wyjaśnienie nie tylko w działaniu doboru stabilizującego, ale także w spójności homeostatycznej genotypu. Na jego istnienie i znaczenie kładzie on obecnie duży nacisk.

EPIGENETYCZNY ANTYDARWINIZM

W latach 70. i 80. teorie makrogenetyczne zostały zastąpione **epigenetycznym antydarwinizmem**. Tu można zaliczyć poglądy L ø v t r u p a (1974, 1987), H o i S a u n d e r s a (1984) oraz B a l o n a (1989, 1989a), a także liczną grupę współpracujących z nimi uczonych.

Punktem wyjścia ich krytyki teorii syntetycznej jest fakt, że w zbyt małym stopniu uwzględnia ona ewolucyjne konsekwencje zmian rozwoju osobniczego. Nawet więcej, zwolennicy tego kierunku wyraźnie podkreślają, że rozwój osobniczy, procesy embrionalne i morfogenetyczne nie dają się zrozumieć przy pomocy pojęć współczesnego neodarwinizmu i nie przypadkowo nie zostały objęte teorią syntetyczną. Tymczasem procesy ewolucyjne polegają na makromutacjach, które wyrażają się zmianami procesów epigenetycznych, takich jak podziały i różnicowanie komórek, powstawanie zawiązków narządów (morfogeneza, organogeneza). Szczególne znaczenie przypisuje się tu zjawiskom swoistego **wzmocnienia epigenetycznego**, jakim ulegają zmiany dokonujące się we wczesnych stadiach ontogenezy. Można wręcz mówić za H o i S a u n d e r s e m (1984) o odwróceniu prawa biogenetycznego H a e c k e l a do postaci twierdzenia, że „ontogeneza jest mechaniczną przyczyną filogenezy”. Darwinizm i jego współczesne wersje, podkreślające podstawowe znaczenie mikromutacji, uznane są za błędne.

Może najpełniej rozwinął idee epigenetycznych mechanizmów ewolucji B a l o n (1989, 1989a) — badacz pracujący obecnie w Kanadzie i zajmujący się rozwojem ryb. Punktem wyjścia jest teoria skokowego przebiegu ontogenezy, której odwzorowaniem są schody (stopnie), a nie równia pochyła. Rozwój osobniczy stanowi więc sekwencję jakościowo różnych stadiów, które można uważać za interwały reprezentujące stan homeostazy. Oddzielają je progi nieciągłości, których pokonanie możliwe jest dzięki skokom kwantowym. Prowadzą one od jednego do drugiego stanu homeostazy, poprzez stan zachwiania równowagi. Z tego punktu widzenia rozwój osobniczy stanowi ciąg stanów, równowagi czyli homeorezę, oddzielonych krótkimi epizodami jej zaburzenia.

Taki mechanizm epigenetyczny wytwarza zmienność na różnych stadiach ontogenezy. Dochodzi do tego w rezultacie bifurkacji dróg rozwoju, jego przyspieszenia lub opóźnienia. Dzięki temu wytwarzają się stany alternatywne, reprezentowane zawsze przez dwa fenotypy (morfy). Jeden z nich jest bardziej uogólniony (altricial), jest mniejszy i niepełnie rozwinięty (jakby opóźniony), drugi bardziej wyspecjalizowany, większy, kompletnie rozwinięty, jakby wyprzedzający (precocial). Ten stały proces wytwarzania się alternatywnych fenotypów daje proces, dla którego Balon ukuł nazwę: **altricial-precocial homorhetic states**, w skrócie „alprehost”. Stanowi to dobre przygotowanie na nieprzewidywalne zmiany środowiska, a także daje materiał dla powstawania zróżnicowania taksonomicznego. Jest to, zdaniem Balona, przyczyna dlaczego kładysci przedstawiają świat organiczny jako zbiór gatunków siost-rzanych, mniej i bardziej wyspecjalizowanych. Podobną alternującą strukturę można wysledzić w wielu grupach ryb, ptaków i ssaków, i daje się ona wyprowadzić z „alprehostu”. Nawiązuje to również do poglądów Vrb a (1984).

Krytyczny stosunek zwolenników epigenetycznego antydarwinizmu do teorii syntetycznej wynika z naczelnej tezy, że procesy embryo- i morfogenezy nie tylko nie zostały objęte w należyty sposób nowoczesną syntezą, ale są w zasadniczy sposób sprzeczne z podstawami neodarwinizmu. Na taką myśl mogły naprowadzać poglądy W a d d i n g t o n a, który swych badań nad epigenotypem nie traktował jako uzupełnienie teorii syntetycznej, ale jako podstawę teorii pod wieloma względami sprzecznej z nią. Wprawdzie ja osobiście zawsze uważałem, że prace S c h m a l h a u s e n a (1938, 1946) stanowiły próbę takiej integracji, przeprowadzonej w wielkim stylu z dużym sukcesem. Nie brak jednak poglądów, że S c h m a l h a u s e n a nie można zaliczyć do nurtu nowoczesnej syntezy. Na takim stanowisku stoi m.in. S h i s h k i n (1988), który uważa, że powszechnie uznawana teza, iż dobór działa poprzez fenotypy, falsyfikuje teorię syntetyczną i zmusza do uznania, że również zmienność modyfikacyjna odgrywa rolę w ewolucji. S h i s h k i n wzywa paleontologów do badania epigenetycznych mechanizmów ewolucji. Faktem jednak jest, że rozwinięta przeze mnie koncepcja fenogenetycznych (=epigenetycznych) mechanizmów ewolucji w koloniach graptolitów (U r b a n e k 1960, 1963, 1971) nie została dostatecznie zauważona. Wychodząc z faktu, że kolonie graptolitów są klonami, podkreśla ona i wykorzystuje zjawiska różnicowania osobników jako wyraz różnic fenotypowych, oraz charakteryzuje mechanizmy ich ewolucji. Skonstruowałem ten model ewolucji epigenezy wychodząc jednak z założenia, że mieści się ona w pojęciach teorii syntetycznej.

Niektóre idee makrogenetycznego jak i epigenetycznego antydarwinizmu znalazły nieoczekiwanie swą kontynuację w **saltacjonizmie molekularnym**. Scharakteryzowałem ten kierunek w swym wcześniejszym wykładzie o makroewolucji (U r b a n e k 1987) i nie będę tu powtarzał bliżej jego charakterystyki. Przypomnę tylko, że w szczególności poglądy K o r o c h k i n a (1985)

są współdziałające ze wspomnianymi powyżej kierunkami organizmального saltacjonizmu. Molekularna organizacja genomu (określona m.in. wielkością genomu, rozmieszczeniem sekwencji nukleotydów, obecnością w nich sekwencji powtarzalnych, w tym palindromów, oraz sekwencji unikalnych) wyznacza jego zdaniem specyficzny dla organizmu lub danej grupy program morfogenetyczny. Odpowiada ona za utrzymanie określonej normy reakcji, w ramach której dochodzi też do ekspresji poszczególnych mikromutacji, odpowiedzialnych za różnicowanie się w obrębie danego typu. Natomiast powstanie nowej, dużej grupy systematycznej wymaga powołania do życia nowego programu morfogenetycznego. Proces ten dokonuje się skokowo („kwantowo”) drogą całościowej reorganizacji genomu. Powstają nowe „archetypy molekularno-genetyczne” przypominające makromutacje typu „hopeful monsters”.

Zbliżoną logikę wcześniejsze poglądy O h n o (1970), autora interesującej teorii podnoszącej znaczenie duplikacji genów dla ewolucji. Ewolucja polegająca jedynie na zmianach allelicznych, tj. na zmianach już istniejących loci, nie jest możliwa jako realny proces. Wielkie przemiany ewolucyjne, zdaniem O h n o, musiały polegać na powstaniu obok już istniejących także nowych genów, a proces ten może się dokonać przez duplikację i wytwarzanie nadmiaru genów.

Wielka strategia ewolucji prowadziłyby do wzrostu genomu, przez duplikację tandemową i ploidyzację oraz wykorzystanie wytworzonego nadmiaru genów w dalszych procesach ewolucyjnych. Węzłami wydarzeń byłyby etapy filogenezy, w których nie wytworzyła się jeszcze ścisła chromosomowa determinacja płci i poliploidalność nie prowadzi do znanych zaburzeń rozwoju. W filogenezie kręgowców jest to etap ryb i płazów.

O h n o kładzie też nacisk na skokowe efekty w ewolucji, np. obecność lub brak atawistycznych wolnych palców na skrzydłach dzisiejszych ptaków zależy od pojedynczej mutacji, należącej do klasy „genów-przełączników” („switch genes”). Uważa on, że od takiej pojedynczej mutacji zależy przynależność do jednej z podgromad ptaków.

O h n o ogranicza rolę doboru naturalnego do roli czynnika stabilizującego, do roli policjanta stojącego na straży normy. Strzeże on przede wszystkim przed utrwaleniem się mutacji wzbronionych. Niektóre geny, mające ważne funkcje metaboliczne, pozostają nie zmienione u wszystkich ustrojów, w całej historii życia. Tylko duplikacja i redundancja genów przełamuje ten zakłęty krąg selekcji!

PROBLEM PRZYPADKOWOŚCI I NEODETERMINIZM EWOLUCYJNY

Druga linia rozwoju koncepcji antydarwinowskich i niedarwinowskich łączy się z rolą przypadku w ewolucji. Wiadomo, że klasyczny darwinizm uważał, że zmienność powstaje w dużej mierze przypadkowo (tzw. „zmienność nieokreślona” Darwina), a ewolucja jest po części rezultatem przypadku, a po części

systematycznie działającego czynnika (doboru naturalnego). Te wyraźne elementy probabilizmu w teorii Darwina spowodowały, że znalazł się on w sporze z całą klasyczną nauką swych czasów, holdującą determinizmowi. Na darwinizm skierowała się fala krytyki, bardziej surowo oceniającej probabilizm tej teorii niż ewentualne niedostatki koncepcji doboru naturalnego.

Syntetyczna teoria ewolucji powstawała już w okresie wzrostu indeterminizmu w fizyce oraz zwiększonego zrozumienia dla znaczenia roli przypadku w przyrodzie. Dlatego rozwinięto w niej i wyjaśniono rolę przypadku w wytwarzaniu zmienności, zarówno mutacyjnej, jak i rekombinacyjnej. W dalszym rozwoju biologii ewolucyjnej można obserwować wzrost znaczenia przypisywanego czynnikom losowym. Przede wszystkim wykazano, że selekcja ma charakter probabilistyczny, nie deterministyczny, mutageneza zaś jest wręcz uzależniona od wydarzeń mikrofizycznych, mających inherentnie charakter indeterministyczny. Wreszcie rozwój poglądów na rolę wielkich wymierzeń w historii życia doprowadził do wniosku, że miały one charakter niedarwinowski (J a b l o n s k i 1986, 1989). Wielkie wymierzenia wprowadzają zmianę reguł gry, ścierają (anulują) wiele wcześniejszych osiągnięć przystosowawczych osiągniętych pod działaniem doboru naturalnego. Wyraża się to częstą eliminacją najlepiej prosperujących i dominujących grup na rzecz grup marginalnych, stawianych w nowej sytuacji w charakterze najlepiej przystosowanych lub może tych, którym się poszczęściło. W każdym razie wielkie wymierzenia wydają się teraz istotnym czynnikiem kształtującym wielką historię biosfery i wprowadzającym do niej nowy element nieprzewidywalności.

Wszystko to powoduje, że zwolennicy teorii syntetycznej, a wraz z nimi większość współczesnych biologów, spogląda na ewolucję jako na grę, która może przebiegać na kilka możliwych sposobów. Składa się ona z wydarzeń, które mogą, ale nie muszą wystąpić, są warunkowe (contingent), ale nie konieczne. Tę cechę procesów ewolucyjnych dobrze dostrzegł S i m p s o n (1963), a ściślej scharakteryzował M a r c e r (1981) w swym dziele o podstawach współczesnej biologii teoretycznej. Do spopularyzowania tego poglądu przyczynił się, jak zwykle w niezwykle atrakcyjnej pod względem literackim formie, J. S. G o u l d (1989). Gdyby istniała możliwość powtórzenia przebiegu wydarzeń ewolucyjnych, to za każdym razem dawałby on odmienny, choć nie całkowicie różny wynik.

Ten wzrost znaczenia przypisywanego czynnikom losowym w okresie posyntetycznym nie oznacza jednak uznania, że ewolucja jest wynikiem czystego przypadku. Podobnie jak klasyczny darwinizm, tak i teoria syntetyczna stoi na stanowisku, że ewolucja jest wynikiem splotu przypadku i działania czynników systematycznych. Uznaje się przy tym, że nie chodzi tu o prostą kombinację podejścia probabilistycznego i deterministycznego, ale o całkowicie nową i oryginalną koncepcję, której podstawy stworzył Darwin.

Może z tego powodu nurt darwinistyczny stawał pod prężierzem zarzutów, iż przypisuje on zarówno nadmierną, jak i niedostateczną rolę przypadkowi

w ewolucji. Pierwszy zarzut dominował w przeszłości, bowiem różne kierunki neolamarkistowskie wręcz prześcigały się w zarzutach, że odwołując się do przypadku, darwinizm postawił się w poprzek kierunku rozwoju współczesnego im przyrodoznawstwa. Zarzuty te można by uznać za dawno przebrzmiałe gdyby nie fakt, że odrodziły się one w nieoczekiwanie radykalnej formie (L i u b i s z c z e w 1973, 1982; N a g l 1986; L i m a - d e - F a r i a 1988). Zwłaszcza książka ostatniego autora, nosząca tytuł *Evolution without selection*, wywołała duże poruszenie w zdawałoby się dobrze ułożonym świecie pojęć ewolucyjnej biologii.

Do roli determinizmu i przypadku w ewolucji nawiązuje też krytyka syntetycznej teorii, którą przeprowadził rosyjski zoolog L i u b i s z c z e w (1973, 1982). Był on przekonany, że w powstawaniu zmienności dziedzicznej przejawia się pewna składowa kierunkowa. Powoduje ona, że w przebiegu ewolucji występują tylko pewne formy zmienności, co zarazem ogranicza i kanalizuje przebieg procesów. Te poglądy L i u b i s z c z e w a nawiązują do znanej koncepcji wysuniętej wcześniej przez innego rosyjskiego zoologa – L.S. B e r g a (1922, 1969), a określonej nazwą „nomogezy” (od gr. nomos – prawo, genesis – powstawanie). Koncepcja ta postulowała ścisły determinizm ewolucji przez działanie wewnętrznych sił organizmu, sprowadzających się ostatecznie do chemizmu plazmy zarodkowej. Przyjmując ten punkt widzenia L i u b i s z c z e w uważał, że dobór naturalny ma jedynie znaczenie drugorzędne, jest czynnikiem raczej stabilizującym i kontrolującym, a tylko rzadko czynnikiem napędowym ewolucji. Istotę syntetycznej teorii widział w połączeniu zasady selekcji („selektogeneza”) – doboru lepszych spośród wielu odchyleń od poprzedniej normy – z zasadą „tychogenezy” (Tyche, grecka bogini losu i przypadku). Ta ostatnia zasada implikuje całkowicie przypadkowe powstawanie wielokierunkowej zmienności. Syntetyczna teoria ewolucji zakłada przy tym stałą obecność obfitej zmienności, w pożądanym kierunku, przez co nie dostrzega twórczego i kierunkowego znaczenia samego powstawania zmienności dziedzicznej. L i u b i s z c z e w wysuwał liczne inne zarzuty pod adresem STE i całej tradycji darwinowskiej, ale problem determinizmu (nomogenezy) miał dla niego znaczenie osiowe. Podobne poglądy wyznawało wielu biologów systematyków starszego pokolenia.

Przewodnią ideą książki L i m a - d e - F a r i a jest myśl, że ewolucja jest procesem samorzutnym, zachodzącym dzięki wewnętrznej zdolności materio-energii do przekształcania. Dlatego L i m a - d e - F a r i a mówi o „autoewolucji”, który to proces pojmuje jako proces ściśle deterministyczny. Neolamarkiści 80 lub 100 lat temu odwoływali się przy tym do deterministycznego modelu klasycznej fizyki. Ale współczesna fizyka nie stanowi już dobrego odniesienia dla deterministycznych koncepcji ewolucji biologicznej. Dlatego L i m a - d e - F a r i a ostro krytykuje fizykę za przecenianie indeterminizmu i probabilizmu. Dowodzi też, że na wszystkich poziomach organizacji biologicznej przeważa uporządkowanie i przyczynowość deterministyczna. Dlatego proponuje określić ten kierunek jako **neodeterminizm ewolucyjny**.

Ewolucja biologiczna jest zarazem jedną ze sfer, w których dokonują się kierunkowe przemiany we Wszechświecie, ale też stanowi przede wszystkim kumulatywny efekt przemian w trzech innych sferach. Są nimi: cząstki elementarne, pierwiastki chemiczne i kryształy. Szczególnie ta ostatnia sfera obfituje w przypadki izomorfizmu i izofunkcjonalizmu — istotnymi (zdaniem L i m a - d e - F a r i a) podobieństwami strukturalnymi i funkcjonalnymi między systemami prebiologicznymi i biologicznymi. Dzięki temu podstawowe kształty biologiczne można dostrzec już u minerałów i przypisać je podstawowym prawom budowy materii (np. liściasty kształt pewnych minerałów i liści roślin). To samo dotyczy funkcji, która jak np. powtarzalność w minerałach jest zbliżona do rozmnażania ustrojów żywych, zaś reperacja kryształów przypomina regenerację. Zdaniem L i m a - d e - F a r i a ten izomorfizm i izofunkcjonalizm odzwierciedlają zasadniczą homologię między ewolucją nieorganiczną i organiczną. Przeto ewolucja biologiczna nie wprowadza żadnych podstawowych nowości, bowiem „każda właściwość biologiczna jest uformowana na swym poprzedniku, który sięga wstecz aż do cząstek elementarnych”. Wynika z tego, że ewolucja biologiczna jest w pełni określona przez trzy poprzednie, autonomiczne ewolucje, każda nakładająca swe własne piętno na przemianach poziomu biologicznego (koncepcja „czterech ewolucji”). Dlatego L i m a - d e - F a r i a konkluduje, że ewolucja biologiczna nie jest pierwotnym, a raczej wtórnym procesem („terminal process”).

Równocześnie przeprowadza on ostrą krytykę teorii doboru naturalnego, dla której nie ma miejsca jako dla czynnika kierującego ewolucją („ewolucja bez selekcji”). Krytyka ta przeprowadzona jest z punktu widzenia radykalnego fizykalizmu. Ponieważ „selekcji nie można zważyć, przechować, wlać w probówkę” i ponieważ nie ma takiej koncepcji ani w chemii, ani w fizyce, dobór naturalny jest tylko pewną zasadą i nie może być materialnym czynnikiem ewolucji. Uznaje się także, że „różnicująca reprodukcja i śmierć mają jedynie ograniczone znaczenie ewolucyjne”. W sumie L i m a - d e - F a r i a (1988) odrzuca teorię doboru naturalnego jako mit, podobny do mitu flogistonu lub eteru.

L i m a - d e - F a r i a nie zawahał się zaprezentować pewną wersję lamarkistowskiej teorii dziedziczności, dostosowaną do obecnego stanu nauki i posługującą się nowoczesną terminologią. Klasyczne przykłady częściowo zanurzonych roślin oraz ptaków wodnych są cytowane w tym samym kontekście jak w *Filozofii zoologii* J.B. L a m a r c k a (1809)! Służą one do ilustracji swoistej myśli, którą określa się jako „water-air transformations”. Chodzi tu o bezpośredni wpływ środowiska wodnego na tkanki somatyczne oraz o fizjologiczne ich działanie na plazmę zarodkową. Te sytuacje i inne dane służą do podbudowania ogólnego postulatu o przekazywaniu się dziedzicznym i integracji somatycznego DNA ze szlakiem płciowym. W istocie autor prezentuje tu nową wersję indukcji somatycznej, przyjmowanej przez neolamarkistów 90 lat temu.

Zdaniem L i m a - d e - F a r i a zmienność ma charakter kierunkowy, zachodzi bowiem pod określającym wpływem środowiska zewnętrznego. Dlatego linie ewolucyjne bez udziału selekcji są ukierunkowane, tak jak postulowały to klasyczne koncepcje ortogenezy. Uważa on, że prawdopodobnie większość zmian ewolucyjnych była stopniowa, ale nie wyklucza znacznego udziału specjacji raptownej, takiej jaką postulują zwolennicy punktualizmu. Jego koncepcje idą jednak jeszcze dalej w kierunku możliwości radykalnych i szybkich przeobrażeń całej organizacji. Charakterystyczne dla kierunku jego myślenia są rozważania nad powstaniem walenii. Powołując się na badania nad sekwencjonowaniem DNA, które wykazywały bliskie pokrewieństwo walenii i prymitywnych parzystokopytnych, takich jak kanczyl, L i m a - d e - F a r i a dowodzi, że możliwa byłaby szybka i całościowa przebudowa lądowych ssaków w zwierzęta wodne. Kluczowym przystosowaniem jest tu nurkowanie, przy czym mechanizm zabezpieczający przeżycie w czasie wydłużonego bezdechu jest ten sam, jaki występuje u zarodka każdego ssaka w okresie życia płodowego. Dużą rolę odgrywają tu hormony z grupy katecholamin. Zatem przystosowanie do nurkowania u dorosłych walenii nie wymagało nawet wytworzenia nowych mechanizmów, wystarczyło „sięgnięcie” do przystosowań embrionalnych i przesunięcie ich działania za pomocą „genów przełącznikowych” lub regulatorowych. Nurkujący kanczyl to jeszcze nie wieloryb — ale charakterystyczny kształt ciała i cały kompleks przystosowawczy walenii łatwo wytworzyć się mógł za pomocą „water-air transformations”. Jest to fizjologiczna wersja ewolucji za pomocą „potworów z przyszłości”.

Najbardziej niezwykłą cechą teorii autoewolucji przedstawionej przez L i m a - d e - F a r i e jest fakt, że stanowi ona niemal kompletną rekonstrukcję poglądów C. von N ä g e l i, wypowiedzianą w jego dziele *Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre* (1884). N ä g e l i nie jest cytowany przez współczesnego zwolennika jego poglądów, brak też jego dzieł w spisie literatury. Należy sądzić, że L i m a - d e - F a r i a całkowicie niezależnie, ponad sto lat później i przy pomocy obecnie znanych faktów i pojęć broni tych samych poglądów. Dało mi to asumpt do tego, aby z moim kolegą z Chicago, Dr M.H. N i t e c k i m, zająć się sprawą powracalnych idei (recurrent ideas) w biologii ewolucyjnej — stanowi to jednak oddzielne zagadnienie.

KRYTYKA UTYLITARNEJ LOGIKI DARWINIZMU

Innym kierunkiem rozwoju myśli krytycznej w stosunku do logiki darwinizmu jest to co można by nazwać **antyutilitaryzmem**. Utylitarne podejście do zjawiska ewolucji to takie, które w zasadzie w każdej przemianie ewolucyjnej dopatruje się określonych **korzyści**, jakie odnosi ewoluujący organizm. Te korzyści to lepsze lub większe wykorzystanie zasobów środowiska, lepsze

przystosowanie i większa przeżywalność itd. Darwin i niektórzy klasyczni darwińści jak R o m a n e s nie uważali bynajmniej, że absolutnie każda cecha organizmu przynosi względne korzyści lub straty — dopuszczali bowiem możliwość istnienia cech obojętnych przystosowawczo. Jednak W a l l a c e i W e i s m a n n byli pod tym względem bardziej radykalni i dzięki nim do tradycji neodarwinizmu wszedł **panselekcjonizm** — kontrola każdej cechy przez selekcję i powszechne znaczenie przystosowawcze każdej cechy organizmu. Ten punkt widzenia przejęli i twórcy teorii syntetycznej, z wyjątkiem nielicznych „outsiderów” (W r i g h t, S i m p s o n), zresztą nie zawsze konsekwentnych i też ulegających stopniowo presji skrajnych zwolenników teorii doboru naturalnego.

To mocno wyrażone stanowisko utylitarne znajduje swój wyraz we wszystkich teoriach zbudowanych na tradycji darwinowskiej. Mają one strukturę teorii ekonomicznych i chętnie odwołują się do terminologii tej nauki. Znajduje to m.in. dobitny wyraz w strukturze teorii selekcji krewniaczej, gdzie mowa o korzyściach, kosztach, zasadzie korzyści własnej itp. Reakcją na to były próby stworzenia teorii ewolucyjnych, które miałyby strukturę teorii fizykalnych i wyjaśniały procesy jako zjawiska przyczynowo-skutkowe, oraz charakteryzowałyby czynniki ewolucji jako dynamiczne przyczyny (siły itp.).

Przeciwko utylitarnemu etosowi darwinizmu kierują się ataki, mające zarówno charakter metodologiczno-filozoficzny, jak i bardziej empiryczny.

Do tej pierwszej grupy należy m.in. krytyka „programu adaptywistycznego”, jaką zainicjowali G o u l d i L e w o n t i n (1979). Protestuje ona przeciwko równaniu wszelkich zmian ewolucyjnych z korzyścią przystosowawczą. Przytaczają oni powody, dla których różne aspekty organizacji mogą wynikać z zupełnie odmiennych przyczyn — takich jak charakter tworzywa materialnego i wynikające z ogólnych właściwości świata fizycznego ograniczniki (constraints). Sprawy te były właściwie znane dużo wcześniej, ale poszły w zapomnienie, aby teraz znowu wejść do repertuaru naukowego. Organizmy rozważane jako zwarte całości są ograniczane przez liczne czynniki filetyczne, morfogenetyczne i pewne ogólne zasady geometryczno-fizyczne. Te czynniki ograniczające są zazwyczaj traktowane jako rzeczy trywialne, a w istocie mogą być poznawczo bardziej ciekawe niż działania doboru naturalnego. Odchylenia od optymalnych stanów przystosowawczych traktuje się zazwyczaj jako wyraz wypadkowej między rozbieżnymi kierunkami przystosowań całego kompleksu cech — a więc znowu jako rezultat przystosowania. Szczególnie wątpliwe są adaptacjonistyczne interpretacje zachowań zwierząt — implikujące niezwykle wprost wyrafinowanie przyrody.

G o u l d i L e w o n t i n porównują „program adaptacjonistyczny” z 18-wiecznym przekonaniem o harmonii świata i o tym, że nasz świat jest w końcu... najlepszym ze światów. G o u l d określa ten pogląd jako „Panglossian paradigm”, od bohatera słynnego wolterowskiego „Kandyda”. Wychodząc właśnie od tego paradygmatu, wielu biologów stosuje metodę wyjaś-

niania, polegającą na konstruowaniu tego co Gould nazywa „historyjkami” („Just So Stories”), przypominającymi opowieści Kiplinga o tym jak słoniowi wyrosła trąba, wielbładowi garb itd. Mają one ograniczone znaczenie poznawcze — ich konkluzja zawarta jest bowiem w założeniu, że wszystko co się dzieje ma określony sens przystosowawczy. Dlatego w takim rozumowaniu ważny jest zawsze ściśle określony punkt wyjścia, „piec”, od którego rozpoczyna się taniec, inaczej figury mogą nie wyjść i wszystko przybiera inny sens.

Empiryczny kierunek ataku na utylitarną logikę darwinizmu znalazł swój najlepszy wyraz w badaniach nad mutacjami neutralnymi przystosowawczo oraz nad matematycznym modelem ich ewolucji. Sprawy te niedawno omówił w swym artykule Szweykowski (1987). Niemal równocześnie King i Jukes (1969) oraz Kimura (1968) zwrócili uwagę, że większość mutacji dokonujących się na poziomie molekularnym jest przystosowawczo obojętna lub prawie obojętna. Takie mutacje nie mogą podlegać kontroli ze strony doboru naturalnego i ich częstość w populacjach określana jest ciśnieniem mutacyjnym oraz skutkami dryfu genetycznego. Ten mechanizm ewolucyjny został określony przez Kinga i Jukesa (1969) jako „ewolucja niedarwinowska” („non-Darwinian evolution”). Istnieją różnice poglądów co do tego, czy sytuacja ta jest sprzeczna z konwencjonalnymi mechanizmami ewolucji, zdefiniowanymi w tradycji darwinowskiej, czy też jest do nich komplementarna. W swej książce o rewolucji naukowej w biologii proponowałem ten drugi punkt widzenia (Urbane 1973). Uważałem wtedy i nadal stoję na stanowisku, że teoria ewolucji za pomocą mutacji obojętnych przystosowawczo w istotny sposób zawężyła sferę działania doboru naturalnego, przez wykrycie odrębnej i obszernej klasy wydarzeń, wobec których dobór naturalny nie jest już efektywny. Tym samym selekcja — uważana w świetle poglądów teorii syntetycznej za uniwersalny czynnik ewolucji — nie może być uznawana za czynnik kontrolujący przemiany ewolucyjne na każdym poziomie organizacji. Doszło moim zdaniem do wykrycia dolnej granicy efektywności doboru, wykrycia granicy siły rozdzielczej darwinowskich czynników ewolucji.

Ostatnio, będąc na IV Międzynarodowym Kongresie Biologii Systematycznej i Ewolucyjnej (ICSEB IV, 1990, Maryland, U.S.A.), mogłem przekonać się, że stanowisko takie nie jest bynajmniej odosobnione. Mam tu na myśli znakomite wystąpienie W. Provine’a, znanego amerykańskiego historyka i filozofa biologii (m.in. wybitnego znawcę twórczości Sewalla Wrighta). Z wielkim naciskiem stwierdził on, że jeżeli poglądy Kimury są nawet tylko częściowo słuszne, to możemy mówić o bifurkacji procesów ewolucyjnych — o ich podziale na ewolucję molekularną i fenotypową. Różnice między nimi należy uznać za dramatyczne i dlatego nasze idee o jedności procesów ewolucyjnych trzeba zaliczyć do przeszłości.

W toku gorących sporów, w których z jednej strony atakowano panselcjonizm teorii syntetycznej, z drugiej zaś podważano istnienie mutacji obojętnych przystosowawczo, stopniowo wykrystalizowało się stanowisko kompro-

misowe. Z jednej strony K i m u r a (1983) uznał, że ewolucja organizmalna pozostaje pod kontrolą czynników darwinowskich i że przystosowawczość (oportunizm) jest charakterystyczną cechą jej procesów. Z drugiej strony M a y r (1988) doszedł do wniosku, że „wiele zmian genetycznych, w szczególności na poziomie molekularnym, jest prawdopodobnie neutralna lub prawie neutralna” (s.532).

Rzecz jednak w tym, że po wykryciu tych faktów teoria syntetyczna nie jest już nadal tą samą teorią – teorią, w zamierzeniu, **uniwersalnych** czynników ewolucji biologicznych. W szczególności tak zweryfikowanej teorii syntetycznej nie można już nadal w sensowny sposób nazwać jej „neodarwinizmem”. Określenie to, choć bardzo rozpowszechnione, jest bowiem mylące. Charakterystycznym rysem koncepcji neodarwinowskiej, można by powiedzieć jej istotą, było rozciągnięcie zasady doboru naturalnego na wszystkie poziomy organizacji ustroju. Do tego odnosiło się pojęcie **intraselkcji** wprowadzone przez W e i s m a n n a, a także pojęcie selekcji zarodkowej (*Germinalselektion*), tj. selekcji w obrębie korpuskularnych nośników dziedziczności. W e i s m a n n kładł szczególny nacisk na ten aspekt swej teorii, o czym świadczy przedmowa do jego *Vorträge über Deszendenztheorie* (1913). Wyjęcie w dużej mierze poziomu molekularnego spod kontroli doboru naturalnego oznacza zerwanie więzi z tą tradycją neodarwinizmu.

Syntetyczna teoria ewolucji na obecnym poziomie swego rozwoju zasługuje na nazwę **post-neodarwinizmu** (lub ewentualnie neo-syntezy). Wcześniejsze jej stadium rozwoju, które pod niektórymi względami nawiązywało do neodarwinizmu, niewątpliwie wyróżniało się wśród współczesnych koncepcji ewolucyjnych swym dużym potencjałem wyjaśniającym. Mówiąc słowami P o p p e r a, teoria syntetyczna, w swym pełnym kształcie, reprezentowała program badawczy o dużej wartości. Odnosi się to w szczególności do jej zalet metodologicznych: była to teoria na tyle dobra, że jej aparat pojęciowy i metodyczny pozwolił na odkrycie faktów i zjawisk sprzecznych z podstawami samej teorii. Przez rozpoznanie tych nowych klas faktów, których neodarwinizm nie mógł rzecz jasna przewidzieć, przez określenie ich znaczenia i częściowe wcielenie do systemu pojęciowego teorii, dokonało się to co nazwałbym **transcendencją** neodarwinizmu lub teorii syntetycznej. Określenie „transcendencja” używam tu w tym znaczeniu, w jakim zastosował je P o p p e r (1977) w odniesieniu do historii materializmu. Nauki przyrodnicze wywodzą się z materializmu i zachowały wielorakie związki z tym systemem filozoficznym. Ale właśnie w wyniku rozwoju tych nauk wykryto zjawiska i prawa godzące w klasyczne założenia filozofii materialistycznej, dzięki czemu doszło do **transcendencji materializmu**. Tak samo teoria syntetyczna niejako „przeszła sama siebie” i obecnie w jej obrębie funkcjonują tezy albo poprzednio całkiem jej obce, albo nawet sprzeczne z jej pierwotnymi założeniami. Ważne jest jednak, że informacje o nich uzyskano za pomocą badań opartych na neodarwinizmie współczesnym, który miał tę przewagę nad innymi teoriami ewolucyjnymi, że był

systemem otwartym metodologicznie. Na tym polega też szczególna rola i priorytet teorii syntetycznej wśród innych koncepcji ewolucyjnych.

ASPEKTY FILOZOFICZNE TEORII EWOLUCYJNYCH

Teorie ewolucyjne, w tym także współczesna teoria syntetyczna, stanowią nie tylko teorie określonych zjawisk i procesów biologicznych, ale w poważnym stopniu funkcjonują jako część filozoficznego światopoglądu oświeconych kręgów społeczeństwa. Szczególnie wyraźnie jest to widoczne w krajach anglosaskich, gdzie ewolucjonizm pełni funkcję ogólnej filozofii życia, zastępując mniej już obecnie modne systemy filozoficzne, takie jak egzystencjalizm czy marksizm. Niekiedy przejawia się to w krańcowy sposób, nie brak bowiem prób wydedukowania różnych maksym życiowych i moralnych, np. wprost z genetyki populacyjnej, uważanej przeważnie za jądro teorii syntetycznej. Częściowo wynika to z nieznamomości innych teorii naukowych, przez co nadmiernie ekstrapoluje się treści teorii syntetycznej na dziedziny, w których jej pojęcia przestają być adekwatne (np. teologia).

Nie brak jednak prób głębszej oceny filozoficznego znaczenia współczesnych teorii ewolucyjnych, a także prób uzupełnienia ich nowymi ideami.

G a y o n (1990) w swym przeglądzie filozoficznych aspektów teorii syntetycznej, opartym na analizie 6 dzieł opublikowanych w ostatnim 10-leciu, stwierdził, że połowa z nich dotyczy stosunku biologii ewolucyjnej do tzw. „myślenia hierarchicznego”. Jest to modne hasło w bieżącej literaturze poświęconej biologii ewolucyjnej i teoretycznej. Podstawowa myśl wyraża się w tym, iż w każdej dziedzinie rzeczywistości wykryć można właściwości, które zaczynają się przejawiać dopiero w związku z określonymi stopniami komplikacji. Rzeczywistość składa się z poziomów organizacji uporządkowanych hierarchicznie, przy czym wyższe poziomy zawierają w sobie niższe piętra organizacji. Taki stosunek podporządkowania rodzi ważne, choć nie nowe zagadnienia uwarunkowania procesów zachodzących na każdym poziomie ich wzajemnej relacji i możliwości redukcji.

G a y o n (1990) uważa, że teoria syntetyczna nie jest w sposób paradygmatyczny hierarchiczna. Co więcej, teza o hierarchicznych poziomach organizacji biologicznej nie ma dla STE znaczenia zasadniczego, a jest sprawą indywidualnych preferencji. Tak np. W r i g h t (a dodajmy także Z a v a - d s k y) reprezentują myślenie hierarchiczne, zwracając uwagę na poziomy przemian ewolucyjnych — natomiast Fisher programowo był przeciwny hierarchicznym koncepcjom ewolucji. Klasycznym przykładem problemu, który może być rozwiązywany hierarchicznie lub nie, jest problem wzajemnego stosunku mikro- i makroewolucji.

Wprowadzenie i upowszechnienie się koncepcji hierarchicznych (związanych zresztą z teorią systemów i poziomów organizacji), traktuje się jako nową tendencję w nauce. Wydaje mi się, że w istocie jest to próba wzbogacenia

darwinowskiej biologii ewolucyjnej pojęciami o odrębnej i przeddarwinowskiej genealogii. Hierarchiczna struktura świata była jednym z największych uogólnień przyrodoznawstwa, osiągniętym przed rewolucją darwinowską (1860-1880). Pojmowana statycznie, ustąpić musiała miejsca wielkiej wizji przekształcania się organizmów, jaką przedstawił darwinizm. W rezultacie „uogólnionej reakcji odrzucania” zapomniano o racjonalnej treści teorii hierarchicznej, która przywracana jest nauce dopiero teraz, w ramach ogólnej rewindykacji przedewolucyjnej biologii teoretycznej.

Tak jak w przeszłości, tak i teraz biologa intryguje zagadnienie: jak w wyniku procesu doraźnego przystosowywania, a więc bez dążenia do osiągnięcia z góry założonych celów, mogą wyłaniać się w procesie ewolucji wyższe poziomy organizacji. Innymi słowy, jak to się dzieje, że w wyniku mikroewolucyjnej łataniny („tinkering” lub „bricolage” Jacoba) dochodzi od czasu do czasu do podwyższenia hierarchicznego poziomu organizacji biologicznej – a może i socjalnej.

Przykładem takiej próby, podjętej w wielkim stylu, jest książka C o r n i n g a (1983) – amerykańskiego biologa i politologa w jednej osobie. Odwołuje się ona do pojęcia **synergii** – łącznego efektu wywołanego oddziaływaniem większej liczby czynników lub składników. Takie efekty mogą być kumulatywne, wielokrotne i nieliniowe i z reguły wytwarzają nieciągłości (takie jak opisywane w modelu punktualistycznym lub w teoriach „wierzchołków przystosowawczych” Sewalla Wrighta). Takie i podobne efekty synergistyczne są powszechnym aspektem rzeczywistości. Synergizm jest jednym z „key words” wielu dziedzin nauki – fizyki, chemii, wielu działów biologii. Znajduje też zastosowanie do opisu kooperatywnego zachowania zwierząt i ludzkości, która stanowi szczególny przypadek synergizmu. Centralną ideą C o r n i n g a jest myśl, że te korzyści synergetyczne tworzą głębsze uwarunkowanie dla kierunkowego przebiegu ewolucyjnej historii, prowadzącej do wyłonienia złożonych i hierarchicznie zorganizowanych systemów. W zasadzie synergizmu leży więc klucz do zrozumienia faktu, że organizacja ma też znaczenie przystosowawcze. C o r n i n g jest przekonany, że jego hipoteza synergizmu jest integrującą teorią naukową – „jest ona funkcjonalną teorią struktur biologicznych i socjalnych”. Nie przesądzając jaka jest wartość hipotezy C o r n i n g a, należy podkreślić, że stanowi ona klasyczny przykład biologizującej filozofii człowieka, tak charakterystycznej dla umysłowości anglo-amerykańskiej naszych czasów.

ARGUMENTY POZANAUKOWE

Wielu ze współczesnych krytyków STE i tradycji darwinowskiej wysuwa także argumenty pozanaukowe. Podobnie jak w przeszłości, tak i w naszych czasach podnosi się zarzuty, że darwinizm – oparty na bezlitosnej konkurencji („walka o byt”) – jest źródłem złej praktyki społecznej i politycznej. W tych

zarzutach celują przedstawiciele epigenetycznego antydarwinizmu, często uważający się zresztą za przedstawicieli intelektualnej rebelii przeciwko niwelującemu wpływowi darwinizmu (H o i S a u n d e r s 1984). L ø v t r u p (1987) ogłasza „obalenie mitu darwinizmu” i sięga do tradycji przeddarwinowskiego saltacjonizmu jako do czystego źródła myśli ewolucyjnej. Stara się on także pomniejszyć rolę Darwina w rozwoju biologii, wykazując, że nie był on bynajmniej umysłem genialnym. Może najdalej idzie B a l o n (1989, 1989a) wykazując, że darwinizm i marksizm są teoriami rozpatrującymi rzeczywistość jako rezultat ścierania się przeciwstawnych sił. Tymczasem przeciwieństwa, stanowiące tak wyraźny aspekt całej rzeczywistości, dają się zrozumieć jako dopełniające (komplementarne) strony zjawisk. Odwołuje się on do wschodniej filozofii Tao (jedność komplementarna dwu przeciwstawnych elementów „ying i yang”). Punktem wyjścia poglądów B a l o n a jest przekonanie, że zarówno marksizm, jak i darwinizm ponoszą odpowiedzialność za stosowanie przemocy w życiu politycznym i społecznym naszych czasów, przez ustawiczne podnoszenie antagonizmów i walki do rangi podstawowego czynnika napędowego historii.

Także przedstawiciele innych kierunków antydarwinowskich odwołują się niekiedy do podobnych argumentów (np. L i m a - d e - F a r i a). W ten sposób krytyka teorii syntetycznej i całej tradycji darwinowskiej w biologii zostaje uzupełniona krytyką zrodzonego przez tę ostatnią etosu społecznego.

Największe napięcia zrodziły się jednak wokół sporu o darwinowską biologię społeczną (socjobiologię). Sprawy te zostały już jednak omówione także w naszym kraju (U r b a n e k 1980, H o f f m a n 1983) i chyba są znane Czytelnikowi.

WNIOSKI

Przypuszczam, że po tym pobieżnym i niepełnym przeglądzie ogromnej różnorodności i rozbieżności współczesnych niedarwinowskich i antydarwinowskich koncepcji ewolucyjnych, Czytelnik może poczuć się zagubiony. Jaki bowiem wniosek wynika z ich znajomości dla biologa naszych czasów? Nie sądzę, aby można dać na to pytanie w pełni dojrzałą odpowiedź i myślę, że nie ma wielu chętnych do jej udzielenia.

Ze swej strony, zamiast wniosku, mogę jedynie ofiarować kilka własnych myśli, mających charakter tymczasowy, tj. takich, które mogą być odwołane „bez uprzedzenia”. Otóż uważam, że obecnie nie ma teorii alternatywnej, na tyle dojrzałej, aby była gotowa zastąpić syntetyczną teorię ewolucji (w jej zmodyfikowanej postaci „neosyntezy”). Zdrowy rozsądek radzi zaś zmieniać teorię na lepszą, a jeśli takiej nie ma, to zaleca trzymać się dotychczasowej, mimo że znane są jej określone niedostatki. Ta konserwatywna zasada uświadamia zarazem duże znaczenie, jakie w nauce współczesnej ma teoria i praktyczną niemożliwość odrzucenia teorii bez równoczesnego wytworzenia nowej, lepszej.

Przy tym należy podkreślić, że tradycja niedarwinowska i antydarwinowska wniosła zbyt duży wkład, aby jej nie dostrzegać. Wprawdzie część wysuniętej argumentacji należy uznać za chybioną, ale kierunki krytyczne w stosunku do syntetycznej teorii ewolucji przyczyniły się też do jej korekt, modyfikacji i ulepszenia. Inne argumenty, zamierzone początkowo jako krytyczne, wzbogaciły STE i zostały zaabsorbowane przez system pojęciowy tej teorii. Dlatego kierunków antydarwinowskich nie można uważać jedynie za werbalnie krytyczne, jedynie „za słowa”, za którymi nie ukrywa się poważna nauka. Przeciwnie, wiele z nich wynika z szerokiego programu badań (np. G o l d s c h m i d t, S c h i n d e w o l f, W a d d i n g t o n, wielu przedstawicieli punktualizmu itd.). Już *a priori* jest mało prawdopodobne, aby taka empiria i teoria nie miały określonego pozytywnego znaczenia.

Trudno wprawdzie przesądzić, jaki kształt przybierze doktryna ewolucyjna niedalekiej przyszłości. Należy jednak sądzić, że zachowa ona darwinowskie jądro w postaci zasady doboru naturalnego, bez której przyroda ożywiona staje się dla nas niezrozumiała. Ale można też powiedzieć, że zasada ta zostanie w swym zakresie działania ograniczona i przestanie odgrywać rolę uniwersalnego prawa całej ewolucji biologicznej.

Z istnienia niekorzystnych konsekwencji panowania jednej teorii dobrze zdawał sobie sprawę nam już krytyk teorii syntetycznej L i u b i s z - c z e w (1982), pisząc: „moje głębokie przekonanie, oparte na wieloletnich rozmyśleniach, sprowadza się do tego, że zarówno postęp teoretycznego myślenia, jak i konkretnych nauk przyrodniczych jest bezpośrednio związany z przewyżczeniem pretensji na uniwersalność, które stale są wysuwane przez panujące w danym czasie kierunki myślenia”.

Doceniając więc siłę i elegancję teorii, którą przyjmujemy i w ramach której programujemy swoje badania, powinniśmy w miarę możliwości wystrzegać się dogmatyzmu. Tylko w starciu poglądów można sprawdzić wartość własnych przekonań. *Amicus Plato, sed magis amica veritas...*

LITERATURA

1. B a l o n E. K. — *The Tao of life: from the dynamic unity of polar opposites to self-organization*. [W] B r u t o n M. N. (red.) *Alternative life — history styles of animals*, 7-40. Dordrecht 1898.
2. B a l o n E. K. — *The epigenetic mechanisms of bifurcation and alternative life-history styles*. [W] B r u t o n M. N. (red.) *Alternative life — history styles of animals*, 467-501. Dordrecht 1989a.
3. B e r g L. S. — *Nomogenesis, or evolution determined by law*. Cambridge Mass. (1922) 1969.
4. B o w l e r P. J. — *The Non-Darwinian revolution. Reinterpreting a Historical Myth*. Baltimore, 1988.
5. C o r n i n g P. A. — *The Syntetrigism Hypothesis. A Theory of progressive evolution*. New York 1983.

6. Dobzhansky Th. — *Genetics and the Origin of Species*. New York 1937.
7. Garstang W. — *The theory of recapitulation: a critical re-statement of the biogenetic law*. Linn. Soc. Jour. Zool. 25; 81-101, 1922.
8. Gayon J. — *Critics and criticisms of the modern synthesis. The viewpoint of a philosopher*. [W] Hecht M.K., Wallace B. i MacIntyre R.J. (red.) *Evolutionary Biology*, 24; 1-49, 1990.
9. Goldschmidt R. — *The Material Basis of Evolution*. New Haven 1940.
10. Gould S.J., Lewontin R.C. — *The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme*. Proc. R. Soc. London B 205, 581-598, 1979.
11. Gould S.J. — *Wonderful Life. The Burgess Shale and the nature of history*. New York 1989.
12. Grene M. — *Two evolutionary theories*. Brit. J. Phil. Sci. 9, 110-127, 1959.
13. Ho M.-W., Saunders P.T. (red.) — *Beyond Neo-Darwinism*. London 1984.
14. Hoffman A. — *Wokół ewolucji*. Warszawa 1983.
15. Huxley J.S. — *Evolution. The Modern Synthesis*. London 1942.
16. Hoffman A. — *Punktualizm i gradualizm: obecny stan dyskusji*. Kosmos 36(3), 517-527, 1987.
17. Jablonski D. — *Background and mass extinctions. The alternation of macroevolutionary regions*. Science 231, 129-133, 1986.
18. Jablonski D. — *The biology of extinction: a palaeontological view*. Phil. Trans. R. Soc. London B 325, 357-368, 1989.
19. Jepsen G.L. — *Systematics and the origin of species, from the viewpoint of a zoologist, a discussion*. Am. J. Sci. 251, 521-528, 1943.
20. Kimura M. — *Evolutionary rates at molecular level*. Nature 217, 624-626, 1968.
21. Kimura M. — *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. Cambridge 1983.
22. Korochkin L.I. — *Parallelizmy w moliekuliarnoj organizacji genoma i problemy ewolucji*. [W] Sozinow A.A. (red.) — *Moliekuliarnyje mechanizmy gienieticheskich processow*. Moskwa 1985.
23. Lamarck J.B. — *Philosophie zoologique*. Paris 1809 (Przekład polski *Filozofia zoologii*, Warszawa 1960).
24. Lima-de-Faria A. — *Evolution without Selection. Form and Function by Auto-evolution*. Amsterdam 1988.
25. Liubiszczew A.A. — *W postulatach sowremiennogo selsktogeneza*. [W] *Problemy ewolucii*. Nowosibirsk 1973.
26. Liubiszczew A.A. — *Problemy formy, sistiemetiki i ewolucji organizmow*. Moskwa 1982.
27. Løvtrup S. — *Epigenetics*. London 1974.
28. Løvtrup S. — *Darwinism. The Refutation of a Myth*. London 1987.
29. Mayr E. — *Systematics and the Origin of Species*. New York 1942.
30. Mayr E. *Animal Species and Evolution*. Cambridge, Mass. 1963.
31. Mayr E. — *Toward a New Philosophy of Biology*. Cambridge, Mass. 1988.
32. Mercer E.H. — *The Foundations of Biological Theory*. New York 1981.
33. Nagl W. — *The molecular phylogeny*. [W] Raup D.M., Jablonski D. (red.) — *Patterns and processes in the history of life*. Dahlem Workshop Reports, Life Sciences 36, Berlin 1986.
34. Nägeli C. von — *Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre*. München 1884.
35. Ohno S. — *Evolution by Gene Duplication*. Berlin 1970.
36. Popper K.R. — *Materialism Transcends Itself*. [W] Popper K.R., Eccles J.C. — *The Self and Its Brain*. Springer 1977.
37. Rensch B. — *Neuere Probleme der Abstammungslehre. Die Transspezifische Evolution*. Stuttgart 1947.
38. Schindewolf D.H. — *Paläontologie, Entwicklungslehre und Genetik*. Berlin 1936.

39. Schindewolf D. H. — *Grundfragender Paläontologie*. Stuttgart 1950.
40. Schmalhausen I. I. — *Organizm kak celoe w individualnom i istoiczeskom razwitiu*. Moskwa 1938. (przekład polski *Organizm jako całość w rozwoju indywidualnym i historycznym*. Warszawa 1962).
41. Schmalhausen I. I. — *Faktory ewolucji. Tieorija stabilizirujuszczo otbora*. Moskwa 1946 (przekład polski).
42. Shishkin M. — *Ewolucija kak epigeneticzeskij prociess*. [W] *Sowremennaja paleontologija*, 2, 142-209. Moskwa 1988.
43. Shishkin M. — *The development of the theory of evolution. Some lessons*. Rivistadi Biologia, Biology Forum 82 (4-3), 323-325. 1989.
44. Simpson G. G. — *Tempo and Mode in Evolution*. New York 1944.
45. Simpson G. G. — *This View of Life. The World of an Evolutionist*. New York 1963.
46. Szweykowski J. — *Ewolucyjna teoria obojetnych mutacji (neutralistyczna)* Profesora Motoo Kimury. Kosmos 36 (3), 375-394, 1987.
47. Urbanek A. — *An attempt at biological interpretation of evolutionary changes in graptolite colonies*. Acta Palaeont. Polon. 5 (2), 127-234, 1960.
48. Urbanek A. — *On generation and regeneration of cladia in some Upper Silurian monograptids*. Acta Palaeont. Polon. 8 (2), 135-254, 1963.
49. Urbanek A. — *Organization and Evolution of Graptolite colonies*. [W] Boardman R. S., Cheetham A. H., Oliver W. A., Jr (red.) — *Animal Colonies. Development and Function through Time*. 441-514, Stroudsbrough 1973.
50. Urbanek A. — *Rewolucja naukowa w biologii*. Bibl. Wiedzy Współczesnej „Omega”, Warszawa, 1973.
51. Urbanek A. — *Na granicy biologii i socjologii*. Nauka Polska 3-4, 115-135, 1980.
52. Urbanek A. — *Współczesne poglądy na makroewolucję*. Kosmos 36, 3, 469-515, 1987.
53. Van Valen L. M. — *Non-Weismannian Evolution*. Evolutionary Theory 8, 101-107, 1987.
54. Vrba E. — *Patterns in the fossil record and evolutionary processes*. [W] Ho M.-W., Saunders P. T. (red.) — *Beyond neo-Darwinism*, 115-142, London 1984.
55. Weismann A. — *Vorträge über Descendenztheorie*. Dritte Auflage, Jena 1913.

HALSZKA OSMÓLSKA

Instytut Paleobiologii PAN

Warszawa

DINOZAURY W LICZBACH

Pierwsze szczątki dinozaurów, które trafnie rozpoznano jako przedstawicieli wymarłych gadów, zostały znalezione w dwudziestych latach ubiegłego wieku w Anglii, a równo 150 lat temu, w roku 1841, angielski zoolog i paleontolog, Richard Owen, ustanowił nową grupę gadów – *Dinosauria*.

Pierwsze dinozaury pojawiły się na lądach naszej planety przed około 230 milionami lat (w późnej części okresu triasowego), a wymarły przed około 65 milionami lat (z końcem ery mezozoicznej). Dinozaury żyły więc na Ziemi przez ponad 160 milionów lat, a szczątki ich znane są ze wszystkich kontynentów, nawet z Antarktydy, gdzie zostały odkryte przed kilku laty. Większość jednak znanych nam dinozaurów pochodzi z Ameryki Północnej i z Azji.

Wśród wielu pytań dotyczących ewolucji, sposobu życia, pokrewieństw czy wreszcie przyczyn wymarcia dinozaurów jest i to: ile rodzajów i gatunków tych gadów żyło na Ziemi w ciągu tego niezwykle długiego, jak na ludzką perspektywę, czasu?

Nie możemy oczywiście odpowiedzieć na to pytanie precyzyjnie, tak jak nie możemy również ustalić liczby gatunków innych organizmów żyjących na naszej planecie w minionych epokach jej historii. Zapis paleontologiczny życia na Ziemi jest bardzo upośledzony, a dotyczy to szczególnie organizmów lądowych, jakimi były dinozaury. Większość szczątków ulega destrukcji wkrótce po śmierci osobników. Te nieliczne, które zostały dostatecznie szybko przykryte osadem i miały szansę zachowania się, mogły, wraz z osłaniającymi je skałami, ulec zniszczeniu przez erozję, lub też spoczywają w swych kamiennych grobowcach na dnie oceanów, czy pod ogromnym nadkładem później osadzonych skał, i nigdy nie zostaną znalezione.

Mimo tej nuty pesymizmu, możemy się jednak pokusić o jakąś chociaż przybliżoną ocenę, mimo że na pewno będzie ona odległa od stanu faktycznego. Zaczniemy od tego, jak wygląda obecnie zapis paleontologiczny dinozaurów.

Od czasu opisanego w roku 1824 pierwszego dinozaura, paleontologowie ustanowili 540 rodzajów z około 800 gatunkami. Z nich jednak za ważne, to znaczy takie, które od innych odróżniają się swoistymi cechami i oparte są na szczątkach pozwalających ustalić obecność istotnych taksonomicznie cech, można dziś uznać tylko 285 rodzajów z 336 gatunkami. Większość ze znanych rodzajów dinozaurów, bo aż 246, jest reprezentowana przez jeden gatunek;

tylko trzy mają po 4 gatunki, co jest liczbą maksymalną. A zatem, na jeden rodzaj przypada średnio 1,2 gatunku.

Całkowita liczba okazów w muzeach świata, okazów które są dostatecznie kompletne lub diagnostyczne, aby można było zaliczyć je do jakiegoś gatunku, wynosi ponad 2000. Niektóre gatunki są bardzo obficie reprezentowane, liczą nawet 200 okazów, ale prawie połowa reprezentowana jest przez 1 okaz. Szcupłość materiału powoduje, że zmienność wewnątrzgatunkowa dinozaurów jest na ogół niemożliwa do określenia. Również fakt, że większość rodzajów dinozaurów jest monotypowa (tj. posiada tylko jeden gatunek) powoduje, że oceny zróżnicowania taksonomicznego dinozaurów, o których w tym artykule będzie mowa, będą dotyczyć głównie rodzajów. Jest to zresztą dla studiów o charakterze biostratygraficznym wygodne, aczkolwiek oczywiście niezupełnie odpowiednie dla rozważań nad ewolucją.

W 1990 roku amerykański paleontolog Peter D o d s o n spróbował określić ile dinozaurów mogło żyć na Ziemi. W tym celu podzielił interwał 160 mln lat na 23 odcinki czasowe, piętra (w rzeczywistości tych pięter jest 26, ale dla wygody niektóre, bardzo krótkie, zostały połączone), każdy przeciętnie liczący 7 milionów lat. Piętra te ustalone zostały już dawno na podstawie faun morskich (jak większość podziałów biostratygraficznych), ale bardzo często są też użyteczne dla faun i flor lądowych, wszędzie tam, gdzie osady morskie i lądowe zazębiają się (np. morze wkracza co jakiś czas i „datuje” osady lądowe). Byłoby oczywiście wygodne, gdyby każdy rodzaj dinozaura występował tylko w jednym piętrze, ale tak jest tylko w przypadku około połowy, tj. 148 rodzajów; z pozostałych 137 rodzajów około 40% występuje w dwóch sąsiadujących piętrach, a około 10% — w więcej niż w dwóch. Trzeba dodać też, że niekiedy nie ma całkowitej pewności czy wszystkie rodzaje, anonsowane jako występujące w więcej niż jednym piętrze, istotnie mają tak szerokie rozprzestrzenienie.

W swym zapisie paleontologicznym dinozaury nie są równomiernie reprezentowane przez cały 160-milionowy okres swego występowania. Z dwóch końcowych pięter okresu kredowego, kampanu i mastrychtu, czyli z okresu około 18 milionów lat, znamy 112 rodzajów, co stanowi około 40% wszystkich znanych rodzajów, a z pięter kimeryd i tyton (późna część okresu jurajskiego) — 37 rodzajów, czyli około 13% wszystkich rodzajów. Jednak te cztery piętra stanowią tylko 20% czasu całego zapisu paleontologicznego dinozaurów, chociaż występowało w nich ponad 50% znanych rodzajów. Z kolei, niektóre odcinki czasowe tego zapisu, szczególnie wczesna i środkowa część okresu jurajskiego oraz wczesna część okresu kredowego, dostarczyły bardzo niewiele szczątków dinozaurów: stanowiąc około 35% czasu obejmują niecałe 10% znanych rodzajów. Interwał kampańsko-mastrychcki i kimerydzko-tytoński są więc najlepiej opróbowanymi odcinkami historii dinozaurów, a zatem dostarczają najbardziej wiarygodnych informacji o ich zróżnicowaniu.

Tabela stratygraficzna używana w tekście

Okres	Piętro		Milionów lat temu
Kreda	późna	(26) Mastrycht	65
		(25) Kampan	73
		(24) Santon	83
		(23) Koniak	87,5
		(22) Turon	88,5
		(21) Cenoman	91
			97,5
	wczesna	(20) Alb	113
		(19) Apt	119
		(18) Barem	125
		(17) Hoteryw	131
		(16) Walanżyn	138
		(15) Berias	144
Jura	późna	(14) Tyton	150
		(13) Kimeryd	156
		(12) Oksford	163
	środkowa	(11) Kelowej	169
		(10) Baton	175
		(9) Bajos	181
		(8) Aalen	188
	wczesna	(7) Toars	194
		(6) Pliensbach	200
		(5) Sinemur	206
		(4) Hettang	213
Trias	późna	(3) Retyk	219
		(2) Noryk	225
		(1) Karnik	231

Czy zróżnicowanie to było stałe w ciągu całej historii dinozaurów, czy też może zmieniało się w różnych jej okresach? Chociaż tego nie wiemy, można je przedstawić, tak jak to zrobił D o d s o n, stosując różne modele graficzne, oparte na różnej interpretacji istniejącego zapisu paleontologicznego.

Aby jednak przystąpić do obliczenia liczby rodzajów dinozaurów, stosując którykolwiek z modeli, należy najpierw ustalić jaka była średnia długowieczność jednego rodzaju.

D o d s o n uczynił to stosując trzy sposoby obliczeń. W jednym z nich założył, że zapis paleontologiczny nie jest upośledzony, tzn. że wszystkie, lub prawie wszystkie, żyjące niegdyś rodzaje dinozaurów mają swych przedstawicieli w znanym nam zapisie paleontologicznym. W tym przypadku, uzyskana ocena średniej długowieczności rodzaju wyniosła 1,1 piętra, czyli około 7,7 milionów lat.

W drugim sposobie obliczania rodzaje reprezentowane przez jeden okaz nie były brane pod uwagę, a długowieczność rodzaju wynosiła około 1,5 piętra, tj. około 10,5 milionów lat.

Trzecia metoda pozwalała ocenić tempo pojawiania się rodzajów w czasie krótszym niż jedno piętro i opierała się na śledzeniu wymiany taksonów w stratygraficznie następujących po sobie formacjach, w obrębie tego samego regionu geograficznego. Takie warunki są, niestety, bardzo rzadko spełnione. Regionem najodpowiedniejszym dla tej metody obliczania średniej długowieczności rodzaju dinozaurów jest Alberta w Kanadzie. Występują tu 42 rodzaje dinozaurów w trzech następujących po sobie formacjach skalnych, obejmujących ostatnie 10 milionów lat okresu kredowego (odpowiada to, w przybliżeniu, późnemu kampanowi i całemu mastrychtowi). Mniej niż połowa (17) z tych rodzajów ograniczona jest tylko do najstarszej z tych formacji, trwającej około 3 milionów lat, 6 — tylko do środkowej, trwającej około 4 miliony lat, i 6 — do najmłodszej, trwającej około 3 miliony lat. Pozostałe 13 rodzajów ma rozprzestrzenienie przekraczające jedno piętro. Ten przykład pozwolił wyliczyć średni czas trwania rodzaju w późnej kredzie na 4,2 miliona lat, tj. około 0,6 piętra na jeden rodzaj. Uwzględniając poprawkę, że dinozaury znalezione w najstarszej z tych formacji mogły żyć już nieco wcześniej, szacunek ten można podnieść do 5 milionów lat, co daje około 0,7 piętra na jeden rodzaj.

Chociaż to ostatnie wyliczenie wygląda na najbardziej precyzyjne, może jednak znacznie odbiegać od tempa zmian rodzajów w reszcie mezozoiku. Jest bardzo prawdopodobne, że koniec mezozoiku mógł być okresem szczególnym dla dinozaurów, kiedy to wchodziły w intensywne interakcje z szybko ewoluującymi roślinami okrytonasiennymi i ssakami. Mogło to powodować, że tempo różnicowania się tej grupy było wówczas szybsze niż przedtem. Ocena średniej długowieczności jednego rodzaju dinozaurów wynosząca 1,1 piętra, czyli 7,7 milionów lat, wydała się D o d s o n o w i najbardziej uzasadniona. Można by jednak mieć do niej poważne zastrzeżenia, biorąc pod uwagę, że jest wynikiem mało realistycznego założenia, iż zapis paleontologiczny dinozaurów nie jest upośledzony.

Zanim przejdę do przedstawienia dalszych obliczeń D o d s o n a, zmierzających ku przybliżonej ocenie całkowitej liczby rodzajów i gatunków dinozaurów żyjących na Ziemi, wspomnę, że jedną z użytych w tym celu przez niego metod była także metoda uwzględniająca „czynniki ludzkie”. Otóż, na podstawie dotychczasowego przebiegu i tempa odkrywania przez paleontologów nowych rodzajów dinozaurów można z pewnym prawdopodobieństwem wnioskować, ile jeszcze rodzajów zostanie opisanych. D o d s o n zastosował tu wzór logistycznej krzywej wzrostu, zapożyczony z biologii populacyjnej. Uwzględniając dane dotyczące tempa opisywania nowych rodzajów od 1824 r. do chwili obecnej, przy założeniu, że zbiór możliwych do odkrycia dinozaurów jest skończony, a także, że w miarę obniżania się liczby nie odkrytych jeszcze

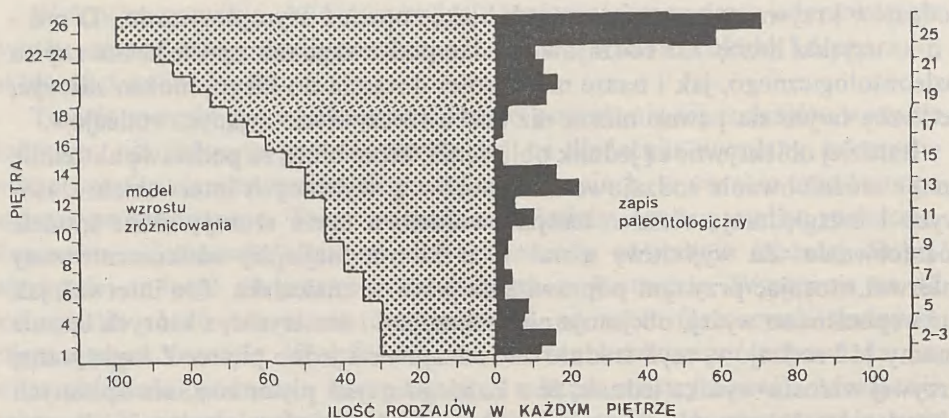
rodzajów krzywa opisywania nowych będzie opadać asymptotycznie, D o d s o n uzyskał liczbę 725 rodzajów. Biorąc pod uwagę tak upośledzenie zapisu paleontologicznego, jak i nasze możliwości dotarcia do niego, można założyć, że liczba ta jest na pewno niższa niż liczba rzeczywiście żyjących rodzajów.

Bardziej obiektywne są jednak obliczenia, które biorą za podstawę aktualnie znane zróżnicowanie rodzajowe dinozaurów w wybranych interwałach czasowych i uwzględniają różnice tempa ewolucji, a także stosują różne modele różnicowania. Za wyjściowy uznał D o d s o n najlepiej udokumentowany interwał, stosując przy tym poprawkę na przyszłe znaleziska. Ten interwał, jak już wspomniano wyżej, obejmuje piętra kampan i mastrycht, z których łącznie znamy 112 rodzajów, czyli średnio 56 rodzajów na jedno piętro. Z logistycznej krzywej wzrostu wynika jednak, że z każdego z tych pięter zostanie opisanych 75 rodzajów. Przyjmując, że pewna liczba rodzajów nigdy nie zostanie odkryta, D o d s o n uznał, że liczba ta mogła wynosić po 100 rodzajów na każde z tych pięter.

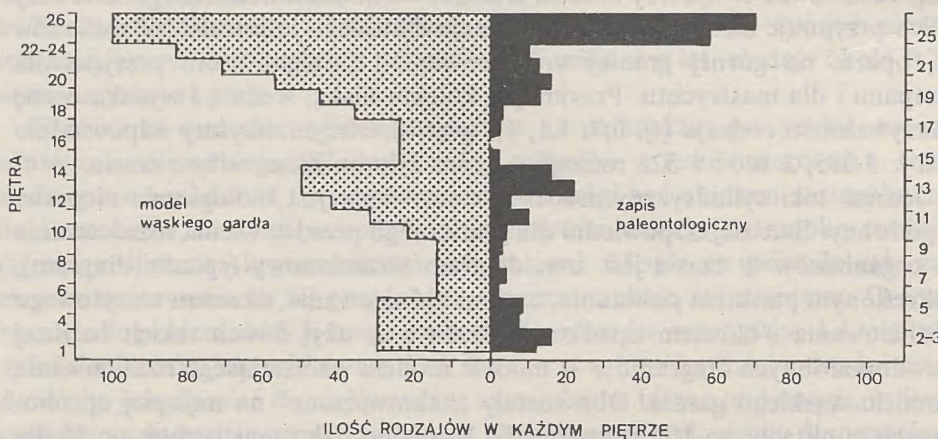
Dysponując już ocenami średniej długowieczności rodzaju i przypuszczalnego maksymalnego zróżnicowania dinozaurów w jednym piętrze, D o d s o n mógł zastosować swoje trzy modele różnicowania taksonomicznego. Pierwszy z nich przyjmuje niezmiennie zróżnicowanie dla całego interwału 160 milionów lat, oparte na górnej granicy zróżnicowania, tj. tego, które przyjęto dla kampanu i dla mastrychtu. Przyjmując kolejno niską, średnią i wysoką ocenę przeżywalności rodzaju (tj. 0,7, 1,1, 1,5 piętra), otrzymalibyśmy odpowiednio liczby: 3 285, 2 100 i 1 525 rodzajów, które żyły na Ziemi w tym czasie.

Jednak taki cylindryczny model różnicowania jest biologicznie nieprawdopodobny. Bardziej odpowiedni dla graficznego przedstawienia różnicowania się organizmów w czasie jest tzw. diagram wrzecionowy (spindle diagram), z określonym punktem powstania, czasem różnicowania, okresem szczytowego zróżnicowania i okresem upadku. D o d s o n użył dwóch takich bardziej prawdopodobnych diagramów — modeli: modelu wzrastającego różnicowania i modelu wąskiego gardła. Oba zostały „zakotwiczone” na najlepiej opróbowanych punktach: po 100 rodzajów dla kampanu, jak i mastrychtu, po 50 dla kimerydu i tytonu (dla uwzględnienia przyszłych odkryć przyjęto tu dwukrotność obecnie znanej liczby) i po 30 dla karniku, noryku, hettangu i sinemuru (z taką samą poprawką jak wyżej).

Model wzrastającego różnicowania (rys. 1) jest zgodny zarówno z trendami zróżnicowania w obrębie zespolów, jak i ze wzrastającą w ciągu mezozoiku prowincjonalizacją Ziemi. Ta prowincjonalizacja była rezultatem rozpadu pierwotnego kontynentu, Pangei, a następnie migracji kontynentów ku ich obecnemu położeniu (zmieniło się ono tylko nieznacznie od końca mezozoiku). Według tego modelu, zróżnicowanie wzrasta stopniowo od sinemuru do kimerydu i od tytonu do kampanu. Uzyskane na podstawie tego modelu przybliżone liczby rodzajów są następujące: 1 850, 1 175, 865 (zależnie od przyjętego średniego czasu przeżywania rodzaju).



Rys. 1. Ocena zróżnicowania dinozaurów wg modelu równomie wzrastającego zróżnicowania (lewa strona) w porównaniu z rzeczywistym zapisem paleontologicznym (prawa strona). Poszczególne piętra oznaczono cyframi (por. tabela stratygraficzna). Wg D o d s o n a (D o d s o n P.: *Counting dinosaurs: How many kinds were there?* Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol. 87, s. 7608-7612, 1990)



Rys. 2. Ocena zróżnicowania dinozaurów wg modelu wąskiego gardła (z lewej) w porównaniu z rzeczywistym zapisem paleontologicznym (z prawej). Poszczególne piętra oznaczono cyframi (por. tabela stratygraficzna). Wg D o d s o n a (1990)

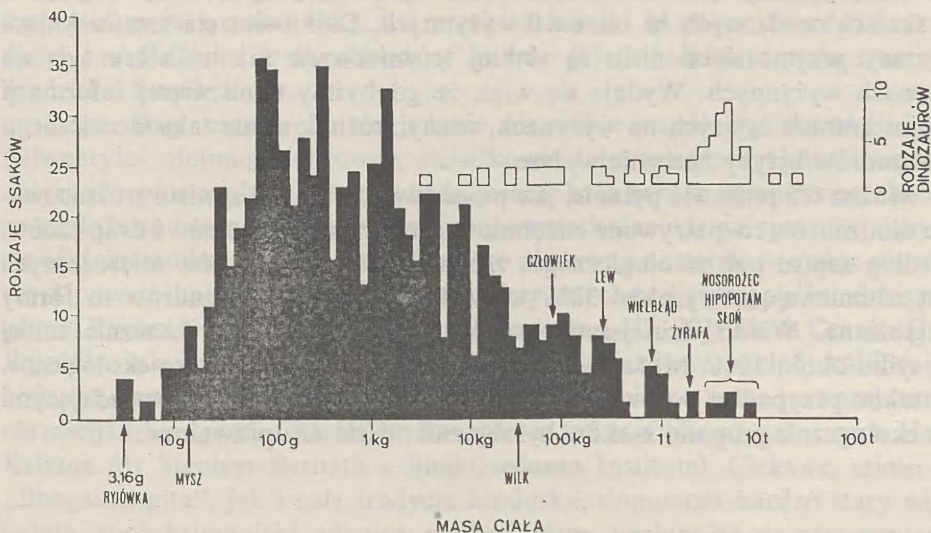
Model wąskiego gardła (rys. 2) odpowiada, w znacznie większym stopniu niż poprzedni, aktualnie znanemu paleontologicznemu zapisowi zróżnicowania rodzajowego dinozaurów w całym mezozoiku. Uwzględnia też, że monofiletyczna grupa może wykazywać w ciągu swej ewolucji kilka szczytów zróżnicowania i umiarkowanych spadków. Chociaż zapis paleontologiczny jest dla niektórych interwałów niemal pusty, kontynuacja rodzin poprzez te hiatusy wykazuje, że przyczyną jest raczej niezachowanie się szczątków niż większe wymierania. Niewielkie zróżnicowanie zespołów podczas wczesnej kredy, w porównaniu

z poprzedzającym interwałem kimerydzko-tytońskim, jest jednym z dwóch wąskich gardel; drugim jest zróżnicowanie posinemurskie. Zastosowana procedura daje w rezultacie następujące przybliżone oceny zróżnicowania: 1 380, 875 i 645 rodzajów.

W ten sposób D o d s o n otrzymał 9 różnych przybliżeń całkowitej liczby rodzajów dinozaurów, jaka kiedykolwiek żyła na Ziemi. Maksymalna liczba wynosi 3 285 rodzajów, zaś minimalna — 645. Ponieważ model cylindryczny zróżnicowania jest niewiarygodny biologicznie, liczby uzyskane dzięki jego zastosowaniu mogą nie być brane pod uwagę. Najniższa ocena, 645 rodzajów, pochodząca z modelu wąskiego gardła, przy założeniu wolnego tempa ewolucji (1,5 piętra na rodzaj), jest niższa niż ocena całkowitej liczby dinozaurów, które zostaną opisane (ocena pochodząca z logistycznej krzywej wzrostu — 725 rodzajów.). Tak więc i tę ocenę można wyeliminować. Pozostaje 5 ocen: 865, 875, 1 175, 1 380 i 1 850 rodzajów, ale wśród nich średnie wartości, 900—1200 rodzajów, wydały się D o d s o n o w i najbardziej prawdopodobne.

Proponowane przez D o d s o n a wyliczenia są (i chyba muszą być) kontrowersyjne. Może między innymi wydawać się, że jego ocena największego globalnego zróżnicowania w jednym piętrze na 100 rodzajów jest zbyt niska. Jednak, zdaniem D o d s o n a, liczba 100 rodzajów broni się przez porównanie ze współczesnymi wielkimi ssakami.

Można też wątpić czy jest prawdziwa hipoteza przyjmująca, że przez prawie cały mezozoik, a więc aż przez 160 mln lat, żyło na Ziemi tylko 900-1200 rodzajów. Ocena ta wydaje się zbyt niska. Dla porównania, dzisiejsze ssaki



Rys. 3. Rozkład rozmiarów ciała (masy) u ssaków i dinozaurów. Wg H o t t o n a (1980: *An alternative to dinosaur endothermy*. [W] *A Cold Look at the Warm-Blooded Dinosaurs*, Thomas R. D. K. i O l s o n E. C. (red.), p. 311-350, West Wew Boulder, Colorado

liczą 1 010 rodzajów i 4 170 gatunków. Jednak, jak podkreśla Dodson, 40% tej liczby stanowią gryzone, 20% — nietoperze i 10% — owadożerne. Żadna z tych grup nie zajmuje dziś niszy ekologicznej analogicznej do tej, którą zajmowały dinozaury. Ograniczenie porównań do dużych ssaków: drapieżnych, parzysto- i nieparzystokopytnych oraz słoni, czyli do grup obejmujących formy ekologicznie najbliższe dinozaurom, jest zatem lepiej uzasadnione. Te cztery grupy ssaków współcześnie obejmują 175 rodzajów i 461 gatunków.

Wiemy też, że dinozaury były przeważnie większe niż większość ssaków (rys. 3), zaś zróżnicowanie taksonomiczne maleje ze wzrostem rozmiarów ciała. Zgodnie z tym, *Dodson* uznał swoją maksymalną ocenę 100 rodzajów dinozaurów w jednym interwale czasowym za uzasadnioną miarę zróżnicowania. Podkreśla też, że średnia długowieczność rodzaju ssaków, wynosząca 7-8 mln lat, jest porównywalna z długowiecznością rodzajów dinozaurów, ocenianą przez niego na 5-10,5 mln lat. Główną różnicę stanowi zróżnicowanie gatunkowe w obrębie rodzaju: jeden rodzaj ssaków liczy średnio 4 gatunki, a jeśli ograniczyć się do dużych ssaków — 2,6 gatunku; dla rodzaju dinozaurów liczba ta wynosi 1,2 gatunku. Z drugiej strony, wśród ssaków (i nie tylko) istnieje także wyraźna tendencja do zmniejszania się liczby gatunków w rodzaju wraz ze wzrostem rozmiarów ciała, i wydaje się *Dodsonowi*, że dinozaury dobrze „wpasowują” się w ten trend ze swoimi średnio większymi rozmiarami.

Dodson nie uwzględnił jednak pewnego ważnego faktu. Większość opisanych dotychczas dinozaurów pochodzi z regionów nisko położonych, wzdłuż wybrzeży morskich. Tylko nieliczne dinozaury zostały znalezione w skałach osadzonych na terenach wyżynnych. Dziś zwierzęta zamieszkujące obszary przy morskich nizin są słabiej zróżnicowane niż te, które żyją na terenach wyżynnych. Wydaje się więc, że gdybyśmy mieli więcej informacji o dinozaurach żyjących na wyżynach, oceny zróżnicowania taksonomicznego dinozaurów byłyby znacznie wyższe.

Można też postawić pytanie, jak przedstawiało się rzeczywiste zróżnicowanie dinozaurów rozpatrywane odrębnie w grupach roślinożerców i drapieżców. Według zapisu paleontologicznego, zróżnicowanie dinozaurów mięsożernych jest zdumiewająco wysokie: 32% wszystkich znanych dinozaurów to formy mięsożerne. Wśród dzisiejszych ssaków, mięsożerców jest znacznie mniej — tylko około 10%. Może to wskazywać na zasadnicze różnice ekologiczne. W takim przypadku porównywanie dinozaurów z pozornie odpowiadającymi im ekologicznie grupami ssaków byłoby całkowicie nieuprawnione.

KAROL SABATH

Instytut Paleobiologii PAN
Warszawa

NA BEZDROŻACH KREACJONIZMU „NAUKOWEGO”

Tytuł parafrazuje oczywiście tytuł polskiego wydania książki J. W. G. J o h n s o n a *The crumbling theory of evolution* [1]. Jej ukazanie się w roku 1989 pociągnęło za sobą liczne reakcje krytyczne [2, 3, 4], ale niektórzy dali się porwać wywodom autora [5]. Dla większości krajowych czytelników była to bowiem książka poruszająca nową, sensacyjną tematykę: obalająca teorię Darwina, postrzeganą często jako narzędzie z ideologicznego arsenału komunizmu.

W rzeczywistości zawarte w niej tezy stanowią rutynową treść antyewolucjonistycznej propagandy, szerzonej zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych od kilkudziesięciu lat [6, 7, 8]. W Polsce (i w innych krajach bloku wschodniego) tematyka ta była praktycznie nieobecna i stąd mało kto zdawał sobie sprawę z istnienia i zasięgu przekonań opartych na literalnej interpretacji Pisma Świętego. Właściwie jedynym popularnym opracowaniem, analizującym m.in. kreacjonizm jako paranaukę, był przekład książki Martina G a r d n e r a *Facts and Fallacies in the Name of Science* [9] (z którego zresztą usunięto rozdział o łyсенkizmie).

Przez długi czas w Polsce jedynie niewielkie wspólnoty chrześcijańskie (adwentyści, zielonoświątkowcy, świadkowie Jehowy) głosiły konsekwentnie antyewolucyjne poglądy, ale ich oddziaływanie było bardzo ograniczone, choćby ze względu na trudności w masowym rozpowszechnianiu treści sprzeciwiających się oficjalnemu światopoglądowi. Dopiero niedawno nastąpiło wyraźne ożywienie. Upowszechniania poglądów kreacjonistycznych podjęły się ogólnie dostępne pisma: Rycerz Niepokalanej [10]. Znaki Czasu (np. [11, 12]), Duch Czasów [13]. Pojawiły się książki i broszury [1, 14-18], a także objazdowe wykłady kalifornijskich antyewolucjonistów, organizowane zresztą zarówno przez stowarzyszenia chrześcijańskie (prof. Charles B. Thaxton z Julian College), jak i ruch Hare Kriszna (dr Stephen Bernath z Bhaktivedanta Institute). Ciekawe, mimo że „Bhagavad-gita”, jak i cała tradycja hinduska, dopuszcza bardzo stary wiek świata, ruch krisznaicki odrzuca ewolucjonizm, posługując się argumentami przeważnie zapożyczonymi od kreacjonistów chrześcijańskich [19].

Ta kampania unaoczniała niedostatki świadomości przyrodniczej i ogólnej wiedzy naukowej naszego społeczeństwa. Krytyka kreacjonizmu „naukowego”

pozostała zresztą jakby wewnętrzną sprawą katolicyzmu [2, 3, 20-26] i nie została nagłośniona przez naukowców i popularyzatorów proporcjonalnie do skali dezinformacyjnej kampanii kreacjonistów.

Ponieważ odbiorcy tego tekstu zapewne znają stan współczesnego przyrodoznawstwa, nie zamierzam tu wywierać otwartych drzwi i bronić naukowości koncepcji ewolucji przed zarzutami kreacjonizmu i wskazywać na nieuczciwe chwytosy stosowane przez jego propagatorów (co zresztą uczyniłem gdzie indziej [27]). Postaram się natomiast przybliżyć stanowisko samych kreacjonistów, a także spróbować odtworzyć powody, dla których nie tylko zupełni ignoranci i ludzie złej woli mogą uznać kreacjonizm za poważną propozycję wyjaśniania świata. Ograniczenie prezentacji argumentów kreacjonizmu tylko do uczciwych (a w każdym razie nie jawnie sfabrykowanych) nie oznacza, że nie będę w nich próbował znaleźć słabych punktów. Wydaje mi się bowiem pouczające wskazanie na pewne uniwersalne pułapki myślowe i iluzje poznawcze, na których opierają się te argumenty.

Na wstępie jednak konieczne jest wprowadzenie historyczne, wskazujące korzenie ruchu kreacjonistycznego.

U ŹRÓDEŁ KREACJONIZMU „NAUKOWEGO”

Większość przeddarwinowskich przyrodników nie wątpiła w wiek Ziemi nie przekraczający kilkunastu tysięcy lat, i w historię Stworzenia, opowiedzianą na początku Księgi Rodzaju, która zajęła miejsce starożytnych spekulacji o rozwoju świata z przasad.

Górnictwo rud metali, roboty ziemne związane z pracami budowlanymi, fortyfikacyjnymi i irygacyjnymi oraz kamieniolomy dostarczały spostrzegawczym obserwatorom, w miarę rozwoju techniki, coraz więcej materiału do przemysłów. Jedną z zagadek przyrody stały się skamieniałości. Dość powszechnie uważane były za igraszki natury, za których powstawanie odpowiada „siła kształtująca” (*vis plastica*) przenikająca skały. Zwłaszcza skamieniałości o promienistej symetrii (np. jeżowce i rozgwiazdy) uważano za powstałe pod wpływem gwiazd. Rostra belemnitów zawdzięczają swą ludową nazwę „strzałek piorunowych” przekonaniu, że powstają one przez stopienie piasku w miejscu uderzenia pioruna. Jeszcze starożytni dopatrywali się w szczątkach numulitów, np. w budulcu piramid — skamieniałej soczewicy, jaką jedli robotnicy przy ich wznoszeniu.

Jednak muszle małżów, ślimaków, szkielety ryb i inne skamieniałości, zdradzające nieodparte podobieństwo do znanych powszechnie organizmów, skłoniły wielu renesansowych uczonych do uznania w nich pozostałości żywych istot. Skąd jednak wzięły się szczątki morskich zwierząt wysoko w górach?

Aż do 19. wieku przeważała odpowiedź biblijna: Potop.

Zgodnie z tym wyjaśnieniem, skamieniałości są szczątkami istot, które nie znalazły się na pokładzie Arki Noego, kiedy wzburzone wody zalały nawet

szczyty najwyższych gór. Sam Potop próbowano wyjaśniać w kategoriach przyrodniczych, tworząc modele naturalnych przyczyn i mechanizmów, jakimi posłużył się Bóg do zgładzenia niezadowolającej go ludzkości [28].

Do dziś taka wizja broniona jest przez kreacjonistów.

Nie wszystkich jednak ona przekonywała. Leonardo da Vinci, który osobiście obserwował skamieniałości odsłaniane podczas prac inżynierskich, zanotował ironiczne uwagi pod adresem tych, którzy tłumaczyli Potopem obecność muszli w górskich wapieniach. Zauważył on bowiem, że kopalne muszle były ułożone w taki sposób, jak w naturalnych ławicach dzisiejszych mięczaków, nie zdradzając śladów gwałtownego transportu. Jednak, jak wyliczył Leonardo, w czasie paru miesięcy Potopu nie zdołałyby przebyć odległości dzielącej je od dzisiejszego wybrzeża. Rozwój geologii i paleontologii skłaniał wnikliwszych biologów, nawet przeciwnych idei ewolucji (jak Georges Cuvier), do uznania, że szczątki kopalne z różnych warstw osadów reprezentują różne, kolejno występujące na Ziemi fauny i flory. Cuvier i Alcide d'Orbigny tłumaczyli ową sekwencję form szeregiem katastrof i aktów stworzenia, poprzedzających dzieje biblijne.

Jednak aż do czasów Darwina poważnie rozważana była myśl, że skamieniałości nie są w ogóle pozostałościami żywych organizmów. Wybitny popularyzator i przyrodnik brytyjski, Philip Henry Gosse wydał w roku 1857 książkę *Omphalos*, rozwijającą poglądy, przy których geologia potopowa jawi się nauką zupełnie świecką. Gosse mianowicie uznał, że skoro Adam i Ewa zostali stworzeni w dorosłej postaci, Bóg musiał obdarzyć ich cechami pozornie dowodzącymi ich przeszłego rozwoju (np. długimi włosami, paznokciami, czy wreszcie pępkiem — po grecku „omphalos”). Także drzewa w Raju musiały mieć „falszywe” pierścienie przyrostowe, pozornie sugerujące ich długi wzrost. Zdaniem Gossego cała „przedpotopowa” dokumentacja geologiczna i paleontologiczna w rzeczywistości jest „prochroniczna”, tj. obrazuje zdarzenia, które pozornie rozegrały się przed początkiem czasu (stworzeniem). Innymi słowy, Bóg stworzył góry od razu z zawartymi w nich skamieniałościami, warstwami sugerującymi kolejne ich osadzanie się itp., lecz w rzeczywistości równie myłymi jak słoje rajszych drzew.

Teoria „wieku pozornego”, chociaż chłodno przyjęta przez współczesnych, znajduje zwolenników wśród dzisiejszych kreacjonistów. W ten właśnie sposób tłumaczą oni te fakty, które wskazują na bardzo stary wiek Wszechświata, Ziemi i życia, a które opierają się innym zabiegom interpretacyjnym. Na przykład promieniowanie obiektów odległych o miliardy lat świetlnych (a więc wysłane przed miliardami lat) kreacjoniści skłonni są uważać za stworzone „w locie” przed kilkoma — kilkunastoma tysiącami lat w taki sposób, że pozornie wskazuje na istnienie obiektów dalszych niż owe kilkanaście tysięcy lat świetlnych.

Druga połowa wieku dziewiętnastego przyniosła odwrót kreacjonizmu. Ogłoszenie przez Darwina teorii ewolucji drogą doboru naturalnego pociągnęło

za sobą wprowadzić ostrą reakcję zwolenników idei niezmienności gatunków, ale większość przyrodników zaakceptowała w takiej czy innej formie teorię ewolucji oraz geologiczne argumenty przeciwko powszechnemu Potopowi. Uznano np., że złoża żwiru i kamieni w Europie, dotąd uważane za koronny dowód Potopu, są w istocie pozostałościami zlodowaceń.

Kreacjonizm przetrwał pierwszą połowę naszego stulecia na peryferiach świata nauki, zwłaszcza w tradycyjnych społecznościach Południa Stanów Zjednoczonych, gdzie w roku 1925 odbył się tak zwany „małpi proces” przeciwko nauczycielowi, który odważył się nauczać teorii ewolucji i głosić pochodzenie człowieka od małpy, a nie od rajskich prarodziców. Po drugiej wojnie światowej burzliwy rozwój nauk przyrodniczych (a także krytyki biblijnej) wyrugował poglądy kreacjonistyczne nawet ze szkół najbardziej konserwatywnych stanów. Naukowcy całego świata prowadzą badania empiryczne bez odwoływania się do Pisma Świętego jako argumentu. Miliardy lat trwania świata i ewolucyjna zmienność organizmów to dziś oczywistość nie budząca wśród przyrodników kontrowersji i powszechnie znana w cywilizowanych społeczeństwach. Paleoantropolodzy i biologowie molekularni dostarczają kolejnych, coraz dokładniejszych danych na temat naszego rodowodu i pokrewieństw z afrykańskimi małpami czelakształtnymi.

I właśnie w tym okresie aktywizuje się ruch kreacjonistyczny, kwestionujący powyższe fakty. Głosi przy tym, że biblijna opowieść o Stworzeniu jest dosłowną, wiarygodną relacją o początkach świata. Z Ameryki rozszerza się na inne kontynenty, znajdując podatny grunt zwłaszcza w Australii, ale i w Europie [29]. Mnożą się instytucje kreacjonistyczne współdziałające zwłaszcza z nowymi kościołami protestanckimi, powstałymi przeważnie w ubiegłym stuleciu i literalnie interpretującymi Biblię. Sami tylko pracownicy kalifornijskiego Institute for Creation Research ogłosili w 1990 roku 1113 publicznych odczytów w USA, nie licząc akcji w 8 innych krajach, cyklicznych pogadek radiowych retransmitowanych przez ponad 400 rozgłośni lokalnych oraz kolportażu kaset magnetowidowych, książek (w 17 językach), broszur, darmowych czasopism (Acts & Facts, Impact, Days of Praise), rozsyłanych m.in. misjonarzom, wycieczek, kursów i seminariów [30]). Wiele innych ośrodków prowadzi równie intensywną kampanię antyewolucyjną, często o zasięgu światowym (np. świadkowie Jehowy wydali w 16 językach efektowną książeczkę [17] w nakładzie ponad 15 mln egzemplarzy).

Współcześni kreacjoniści jednak często odżegnują się od motywacji religijnej i odwołują się do współczesnej nauki jako do źródła swoich antyewolucyjnych przekonań. Czemu przypisać ten nieoczekiwany trend?

Wiek dwudziesty przyniósł ogromny wzrost osiągnięć poznawczych i praktycznych, stąd prestiż nauki i naukowców jest na tyle wysoki, że teorie jawnie nienaukowe mają małe szanse upowszechnienia się wśród coraz bardziej wykształconych społeczeństw. Z drugiej strony nauka współczesna oddala się od możliwości poznawczych przeciętnego człowieka, a jej zastosowania militar-

ne i oddziaływanie cywilizacji naukowo-przemysłowej na środowisko przyrodnicze budzi lęki i nieufność wobec współczesnych Faustów. Coraz widoczniejszy jest więc w świadomości społecznej odwrót od scjentyzmu, sięgającego jeszcze ubiegłowiecznej fascynacji postępem nauki i techniki.

Rozczarowanie „oficjalną” nauką stwarza podatny grunt dla wszelkiej maści pseudonauk i szarlatańskich omamień. Atrakcyjne teorie, proste i przy tym wymierzone w establishment nauki, mają szanse pozyskania wielu zwolenników.

O ile pewna, i to niemała część każdego społeczeństwa jest zawsze podatna na wszelkie mody z tego kręgu zagadnień (astrologia, spirytyzm, kosmici, parapsychologia itp.), mimo braku rzetelnych potwierdzeń empirycznych – o tyle ludzie wykształceni rzadziej im ulegają.

Kreacjonizm na tym tle rysuje się ciekawie. Nie głosi sensacji (raczej odkurza wizje znane większości chrześcijan z wczesnej katechezy), nie daje szans praktykowania tajemniczych rytuałów, i w zasadzie sprowadza się do kwestionowania pewnej popularnej teorii przyrodniczej. Co przyciąga do tej idei ludzi o aspiracjach intelektualnych?

UROKI KREACJONIZMU

Motywy, dla których wiele osób zostaje kreacjonistami, mimo zetknięcia się z ewolucjonizmem (choćby w szkole), można podzielić na dwie grupy: emocjonalne i intelektualne.

Motywy emocjonalne są, jak przypuszczam, decydujące w większości przypadków, ponieważ mało kto wnika na tyle głęboko w podstawy teoretyczne, metodologiczne i ogrom faktów empirycznych, by móc rozstrzygnąć na tej podstawie o większej rzetelności kreacjonizmu bądź ewolucjonizmu. Mam wrażenie, iż argumenty powołujące się na naukę stanowią tu tylko element wtórnej racjonalizacji wyboru podjętego na podstawie przesłanek pozanaukowych.

Pierwszym pozaracjonalnym motywem odrzucania ewolucjonizmu może być jego oczywista niezgodność z biblijnym opisem początków świata i ludzkości. Jednak nawet większość fundamentalistycznie nastawionych chrześcijan godzi się z innymi twierdzeniami nauki, np. z tym, że Ziemia jest kulista i nie ma czterech rogów, na których mają stanąć apokaliptyczni aniołowie wieszczący koniec świata, czy też, że opady atmosferyczne są wynikiem cyklu parowania i skraplania wody, nie zaś otwierania upustów w sklepieniu niebieskim. Skoro więc akceptuje się areligijną geografie, astronomię czy meteorologię, dlaczego tak trudno się pogodzić z areligijną biologią? Przecież ewolucjonizm można interpretować teologicznie (np. w duchu *creatio continua* św. Tomasza z Akwinu czy w konwencji Teilharda de Chardin) [31-33]. Musi więc istnieć jakiś szczególny powód, że ewolucjonizm zraża nawet ludzi dalekich od radykalizmu biblijnego. Zygmunt Kałużyński np. poświęcił argumentom

kreacjonistów obszerny (aprobujący) esej pt. *Nie chcę umierać jako pawian* [34], którego tytuł trafia w sedno.

To właśnie „małpi problem” najbardziej godzi w nasze antropocentryczne spojrzenie na świat, burzy poczucie wyjątkowej wyższości hołubione przez Pana Stworzenia.

Stąd ten aspekt teorii ewolucji wzbudził najostrzejsze protesty (by wspomnieć choćby publiczną debatę „psa łańcuchowego darwinizmu” Thomasa Henry’ego Huxleya z anglikańskim arcybiskupem Samuelem Wilberforcem) i najtrudniej bywa przyjmowany do dziś. Na przykład Kościół rzymskokatolicki, akceptując dopuszczalność teorii ewolucji, zastrzegał się przed wyjaśnianiem pochodzenia człowieka bez specjalnego aktu stwórczego Boga, przynajmniej w odniesieniu do duszy ludzkiej [35]. W praktyce, ponieważ na gruncie neotomizmu — oficjalnej filozofii Kościoła — dusza jest formą substancjalną (czyli istotą) człowieka, decydującą o kształcie i funkcjonowaniu ciała, cały człowiek musi być uważany za produkt indywidualnego aktu stwórczego.

W cytowanej książce J o h n s o n a [1], rozdział „Dlaczego powinniśmy zwalczać ewolucjonizm” zawiera między innymi zestawienie rysunków modlącego się jasnowłosego efeba — Adama — i odrażającego małpoluda. Ta alternatywa, nawiązująca do pytania biskupa Wilberforce’a: „Czy woli pan pochodzić od Adama, stworzonego na obraz i podobieństwo Boże, czy od jakiejś małpy?”, odwołuje się wprost do emocji (bo trudno poważnie przypuszczać, że możemy sobie wybrać przodków), jest mimo to (a może właśnie dlatego) bardzo skuteczna, o czym świadczy chętnie korzystanie z motywu małpy w kreacjonistycznej propagandzie wizualnej (np. okładka miesięcznika *Znaki Czasu* 6/1990 [14, 11, 36]).

Inne pochodne problemy teologiczne, np. sprawa grzechu pierworodnego, mają już chyba mniejsze znaczenie. Pomocniczy charakter mają też antyewolucyjne argumenty obciążające ewolucjonizm odpowiedzialnością za zbrodnie totalitaryzmów. Nawet bowiem, jeśli by ktoś uważał, że hitleryzm korzystał prawomocnie z twierdzeń ewolucjonizmu do wsparcia swego rasizmu i ludobójstwa, to nieetyczne konsekwencje zastosowania tej teorii naukowej nie falsyfikują jej (tak jak Hiroshima i Nagasaki nie obalają teorii Einsteina czy fizyki jądrowej).

Drugim elementem utrudniającym pogodzenie się z obrazem świata, wpływającym ze współczesnych nauk przyrodniczych, jest jego probabilizm i odrzucenie teleologii. Uznanie roli przypadku w ewolucji (losowe mutacje, przypadkowe wymierania) jest dla wielu trudne. Nasz zdroworozsądkowy świat jest raczej deterministyczny niż stochastyczny i doszukujemy się w nim raczej sensu (ładu — *kosmosu*) niż chaosu. Uznanie, że całe bogactwo przyrody i nasza własna w niej rola jest skutkiem ciągu niekoniecznych zdarzeń, a nie wyrazem planowej i celowej harmonii, rodzi dyskomfort psychiczny. Oczywiście znajomość naturalnych procesów geologii dynamicznej, które ukształtowały górski krajobraz, nie odbiera mu malowniczości, tak jak kwiaty nie tracą urody, kiedy

odkrywamy, że ich kształt, barwa i zapach nie są przeznaczone dla naszych oczu, lecz są wynikiem koewolucji z zapylającymi je owadami. Niemniej dla wielu ludzi racjonalne wyjaśnienie, odzierające z tajemnicy jakiś wycinek rzeczywistości, wydaje się odbierać mu walory estetyczne...

Kiedy już ktoś uznał za oczywiste, że człowiek i świat to zbyt piękne i skomplikowane twory, by nie były efektem intencjonalnego dzieła kreacji, wtedy zaczyna szukać racjonalnych argumentów, umożliwiających rozprawienie się z teorią ewolucji na jej własnym terenie, terenie nauki.

KREACJONIZM „NAUKOWY”

Kreacjonizm naukowy tym różni się od większości nauk, że nie dochodzi do wniosków ogólnych i budowania modelu świata na podstawie indukcji z faktów empirycznych. Przeciwnie, docelowy model świata jest dany *a priori*. Chodzi o to, by wykazać, że objawiona historia biblijna jest prawdziwa, a nie, by odkryć jak się rzeczy miały. To nie znalezienie Arki Noego może podsunąć hipotezę o Potopie i ocaleniu części (wszystkich?) zwierząt, lecz odwrotnie: chodzi o udowodnienie, że pary osobników wszystkich gatunków zwierząt, wraz z zapasami pożywienia na rok, mogły się pomieścić w objętości podanej w Księdze Rodzaju. Podobnie nie chodzi o wyliczenie wieku Ziemi lub ustalenie, kiedy pojawiły się na niej poszczególne grupy organizmów, lecz o udowodnienie, że Ziemia (i wszystkie rodzaje żywych stworzeń) została stworzona niedawno, a przed kilkoma tysiącami lat została całkowicie zatopiona wodą.

Takie podejście nadaje kreacjonizmowi charakter poznawczo dość jałowy: wszystkie odpowiedzi są znane z góry, kreacjoniści w zasadzie nie prowadzą oryginalnych badań naukowych, skupiając się na publicznej polemice z ewolucjonizmem.

Stąd też ich argumentacja przeważnie ogranicza się do wytykania prawdziwych lub rzeczywistych błędów popełnianych przez naukowców czy popularyzatorów ewolucjonizmu.

Nie warto tu przytaczać przykładów tendencyjnego preparowania cytatów oraz wygrywania rozbieżności stanowisk ewolucjonistów lub ich przyznania się do niewiedzy (por. [27]). Można tu jedynie przypomnieć, że nawet rzeczywista niejednomyślność specjalistów na jakiś temat nie musi oznaczać, że żaden z nich nie ma racji (a kreacjoniści zdają się uważać, że jeżeli naukowcy spierają się co do interpretacji jakiegoś aspektu ewolucji, stanowi to dowód na to, że ewolucji w ogóle nie ma, i na to, że z możliwych nieewolucyjnych modeli świata prawdziwy jest ten biblijny).

Wypada natomiast bliżej przyjrzeć się poważniejszym zarzutom kreacjonistów, odwołującym się do argumentacji naukowej. Przy okazji ujawnią się pospolite niedostatki w „szkolnym” myśleniu o niektórych twierdzeniach naukowych.

FIZYKA KREACJONIZMU

Kreacjoniści przywołują na swą korzyść podstawowe prawa fizyki. O ile I zasada termodynamiki (prawo zachowania masy i energii) użyta jako dowód niemożności powstania Kosmosu z niczego (w Wielkim Wybuchu) jest dość obosieczna i dlatego rzadko przywoływana przez kreacjonistów [37], o tyle II zasada termodynamiki (o wzroście entropii) należy do ulubionych dowodów na rzecz niemożności powstawania struktur bardziej złożonych z mniej złożonych (w szczególności życia z materii nieożywionej i organizmów wyższych z niższych). Trzeba dopiero chwili zastanowienia, by uświadomić sobie, że gdyby istotnie II zasada termodynamiki działała zgodnie z wykładnią kreacjonistów, to niemożliwy byłby żaden rozwój, ani w skali osobniczej, ani w skali cywilizacyjnej. *Reductio ad absurdum*, zainspirowane argumentem kreacjonistów, o wiele skuteczniej niż szkolny podręcznik fizyki uczy nas, że entropia musi rosnąć tylko w układach izolowanych i że biosfera, ludzkość, czy każdy organizm to układy otwarte.

Zarzuty kreacjonistów wobec fizycznych metod datowania Ziemi także są pouczające. Kreacjoniści słusznie zwracają uwagę na możliwe źródła błędów w oszacowaniu wieku izotopowego, np. błędne założenia o początkowym składzie izotopowym próbki, możliwość wymiany substratów lub produktów rozpadu z otoczeniem. Zwracają też uwagę na ciekawe anomalie, np. obecność śladów rozpadu polonu (o bardzo krótkim czasie półtrwania) we wnętrzu granitu, którego tworzenie się musiało trwać znacznie dłużej [38]. I znów dla odparcia tego argumentu trzeba dopiero staranniejszej analizy logiki wywodu kreacjonisty (Roberta Gentry'ego), który uznaje akurat okres półrozpadu polonu za bezwzględnie stały, natomiast wszystkie pozostałe „zegary izotopowe” za cudownie przedstawione przez Boga, który także przyspieszył inne procesy fizyczne i geologiczne (jeśli nie opowiemy się po prostu za „wiekiem pozornym”). Musimy przyznać, że tylko „brzytwa Okhama” może sprawić, że nie satysfakcjonuje nas odpowiedź kreacjonistów.

Kreacjoniści twierdzą też, że Ziemia nie może być stara, bo ekstrapolacja w przeszłość malejącego natężenia ziemskiego pola magnetycznego (odkąd zaczęto je mierzyć) daje dla okresu przed 20 tys. lat zabójcze dla życia natężenie pola magnetycznego. Można oczywiście przytoczyć badania paleomagnetyczne, które wskazują na to, że natężenie (a nawet biegunowość) ziemskiego pola magnetycznego podlegało licznym fluktuacjom i niewłaściwy jest w tym przypadku model logarytmicznego spadku natężenia pola. Jednak o ile ważniejsze jest zauważenie, jak często wszyscy mamy skłonność do prostej ekstrapolacji krótkiego „trendu”, który może przecież być tylko chwilową fluktuacją...

Podobne refleksje nad łatwością, z jaką ulegamy „magii liczb”, budzi zresztą „argument demograficzny”, wskazujący, że potomstwo pierwszej pary ludzkiej, przy założeniu dzietności ok. 2,5, po milionie lat nie mieściłoby się już w znanym Wszechświecie [10, 39]... Manipulacja rachunkiem prawdopodobieństwa, sto-

sowana do wykazania niemożności naturalnej biogenezy [12], z kolei odwołuje się do pokusy liczenia prawdopodobieństwstwa zdarzenia *a posteriori* i do przekonania, że żyjemy na najlepszym i jedynym z możliwych światów.

BIOLOGIA KREACJONIZMU

W świecie kreacjonisty rodzaje (w sensie biblijnym, nie systematycznym; ang. *kinds*, a nie *genera*) są niezienne. Czyż nie widzimy, że suka rodzi szczenięta, z kurzych jaj wykluwają się kurczęta, itp., nie widzimy zaś, by jeden gatunek zrodził inny gatunek? Jakież mutacje (a więc przypadkowe błędy w kopiowaniu DNA) mogą doprowadzić do czegokolwiek innego niż zaburzeń i degeneracji? I czy tzw. „bezpośrednie dowody ewolucji” — skamieniałości — nie ukazują nam w istocie, że istniały różne gatunki, które pojawiają się i znikają z zapisu kopalnego, ustawicznie zaś brak większości form przejściowych, oczekiwanych przez ewolucjonistów?

Te argumenty rzucają ewolucjonizmowi wyzwanie, którego nie można lekceważyć. Ileż to razy niefrasbliwie przedstawiano ciągi ewolucyjne, składające się w większości z luk, i szukano trendów w nader fragmentarycznym materiale? Jak często, zwłaszcza w popularyzacji, zapominano, że skamieniałości nie rodzą skamieniałości i przekonanie o tym, że jeden kopalny gatunek pochodzi od innego kopalnego gatunku nie jest obserwacją, a jedynie wnioskiem, opartym na założeniach, że gatunki mogą się przekształcać, że formy późniejsze są potomkami starszych i że podobieństwo dowodzi pokrewieństwa?

Jak często nie docenia się złożoności przemian na poziomie ponadgatunkowym i luk w naszej wiedzy choćby o powstaniu podstawowych typów zwierząt? Czy mówienie o mutacjach jako o „błędach” nie narzuca im z góry negatywnej konotacji i czy nie należy używać bardziej adekwatnych określeń? Ile osób wyniosło ze szkoły wyobrażenie, że np. stwierdzenie „ptaki pochodzą od gadów” przełożone na konkrety oznacza, że np. strusie pochodzą od jaszczurek?

Wydaje się, że wiele zarzutów kreacjonistów znajduje podatny grunt przygotowany przez niekompetentną popularyzację nauk przyrodniczych. Dla osiągnięcia doraźnego efektu albo z lenistwa deformuje się przekazywane treści w sposób niedopuszczalny. Nie chcę oczywiście przez to powiedzieć, że kreacjoniści nie nadużywają także poprawnie napisanych tekstów, ale niestety często ich krytyka ujawnia istotne braki w popularyzacji przyrodznawstwa.

PODSUMOWANIE

Jestem głęboko przekonany, że kreacjoniści są ideologicznie powodowani pseudonaukowcami; ich argumentacja najczęściej odwołuje się do tendencyjnie wybranych (jeśli nie spreparowanych) faktów, a logika pozostawia wiele do życzenia. Ich oddziaływanie na młodzież szkolną koreluje dodatnio ze

wzrostem niespójności myślenia o przyrodzie [40]. Mimo to uważam, że nie tylko wolność słowa przemawia za uznaniem prawa kreacjonistów do głoszenia swoich poglądów. Myślę, że ewolucjonizm może skorzystać na tym nie tylko dlatego, że kreacjoniści ożywiają pośrednio zainteresowanie społeczne ewolucjonizmem. Główną zasługą kreacjonistów, jako bezlitosnych krytyków, jest zmuszenie samych ewolucjonistów do aktywnego upowszechniania swoich osiągnięć, a zarazem do zdania sobie sprawy z obszarów własnej niewiedzy, eliminowania luk w argumentacji, zwrócenia uwagi na fakty nie pasujące do utartych schematów. Także i zainteresowani niespecjaliści mogą jaśniej dostrzec ograniczenia i słabości nauki, unikając mitologizowania jej dorobku, a zarazem lepiej zrozumieć logikę wywodu naukowego, przeciwstawionego paranauce i pseudonauce.

LITERATURA

1. Johnson J. W. G. — *Na bezdrożach teorii ewolucji*. Michalineum, Warszawa — Struga 1989.
2. Paszewski A. — *Czy teoria ewolucji naprawdę się sypie?* Więź, 32 (7-8); 128-137, 1989.
3. Heller M., Ślaga S., Turek J., Życiński J. — *List do przewodniczącego Rady Naukowej Episkopatu Polski*. Tyg. Powsz. 32, 1990.
4. Kossacka W. — *Fundamentalisci i teoria ewolucji*. Tyg. Powsz. 38: 7, 1990.
5. Parowski M. — *Bajeczka dla dorosłych?* N. Fantastyka, 4: 66-67, 1990. (także: Hollanek A., Niewiadowski A., Parowski M. — *Miedzy fantazją a nauką*. Audycja programu IV PR, 18.08.1990).
6. Cloud P. — *Scientific creationism: A new Inquisition brewing?* Humanist 37 (1): 6-15, 1977.
7. Newell N. D. — *Creation and evolution: Myth or reality?* Columbia Univ. Press, N. York, 1982.
8. Number R. L. — *Creationism in 20th century America*. Science 218 (4572): 538-544.
9. Gardner M. — *Pseudonauka i pseudouczeni*. PWN, Warszawa 1966.
10. Giertych M. — [omówienie książki J. W. G. Johnsona *Teoria ewolucji w rozsypce*]. Rycerz Niepokalanej n-ry 6, 9, 10, 11, 12 (1986) i 1, 2 (1987) (Przedrukowane przez Nowe Horyzonty jako broszurka pt. *Upadek teorii ewolucji*). [Tytuły odcinków: *Sypiąca się teoria ewolucji; Co przeczy ewolucji; Zapis kopalny; Pochodzenie człowieka; Warstwy geologiczne a nauka; Życie, czas, Kosmos; Kościół a ewolucja*].
11. Matter J. — *Czy Bóg wierzy w ewolucję?* (I-IV). Znaki Czasu n-ry 2-5, 1989.
12. Nurzyński J. — *Teoria ewolucji w świetle nauki i Biblii*. Znaki Czasu n-ry 9-11, 1990.
13. Stały dział *Stworzenie czy ewolucja?* lub *Z zagadnień kreacjonizmu*: wszystkie n-ry miesięcznika Duch Czasów (od 1986 r.).
14. Lew-Wojciechowski Z. — *Stworzenie czy ewolucja*. Znaki Czasu, Warszawa 1989.
15. Little P. E. — *Wiedz dlaczego wierzysz*. Zjedn. Kościół Ewangeliczny w PRL, Warszawa 1985.
16. Gottwald W. — *Nauka przeciwna Biblii? Wiarygodność Biblii w świetle nauki współczesnej*. Biblioteczka Chrześc. nr 52, Ku Światłu, Siegen, RFN [bez daty wyd.].
17. *Jak powstało życie? Przez ewolucję czy przez stwarzanie?* Watch Tower Bible and Tract Soc./Internat. Bible Students Assoc., N. York 1989.
18. McDowell J., Stewart J. — *Odpowiedzi na trudne pytania*. Tow. Krzew. Etyki Chrześc., Kraków 1989.

19. *Orgins. Higher dimensions in science*. Bhaktivedanta Book Trust, Los Angeles 1984.
20. K ł o s k o w s k i K. — *Wokół współczesnej problematyki kreacjonizmu*. Mies. Diec. Gdański 28 (7-9): 205-214, 1984.
21. K ł o s k o w s k i K. — *Kreacjonizm a granice poznania*. Mies. Diec. Gdański 30 (7-9): 327-340, 1986.
22. K ł o s k o w s k i K. — *Metodologiczne uwarunkowania kreacjonizmu naukowego*. Mies. Diec. Gdański 30 (10-12): 423-445, 1986.
23. Heller M. — *Jak ocalić ewolucję?* Przegl. Powsz. 799: 350-355, 1988.
24. Ż y c i ń s k i J. — *W kręgu nauki i wiary*. Calvarianum, Kalwaria, 1989.
25. Heller M., Ż y c i ń s k i J. — *Dylematy ewolucji*. Polskie Tow. Teolog., Kraków 1990.
26. *Nauka i wiara*. Znak, 428, 1991.
27. Sabbath K. — *Ewolucjonizm wobec ataków kreacjonistów*. Biologia w Szkole 43 (223): 99-106, 1991.
28. P o p i o ł e k J. — *Teorie potopu w przyrodoznawstwie europejskim II połowy XVII wieku, ich geneza i znaczenie w dziejach myśli geologicznej*. Prace Muzeum Ziemi 39: 3-59, 1988.
29. B e l k a L. — *Scientific creationism: a real problem*. Kosmos 39 (1): 123-127, 1990.
30. Morris H. M. — *Annual Report for 1990*. ICR Acts & Facts 20 (1): 3, 1991.
31. K ł o s k o w s k i K. — *Wieloaspektowy wymiar stwarzania w „Summie teologii” św. Tomasza*. Mies. Diec. Gdański 31 (10-12): 435-443, 1987.
32. K ł o s k o w s k i K. — *Kreacja i ewolucja — próba pewnego uogólnienia*. Mies. Diec. Gdański 32 (4-6): 191-205, 1988.
33. D o ł ę g a J. M. — *Kreacjonizm i ewolucjonizm. Ewolucyjny model kreacjonizmu a problem hominizacji*. ATK, Warszawa 1988.
34. K a ł u ż y ń s k i Z. — *Paszkwil na siebie samego*. PIW, Warszawa 1988: 145-157.
35. Pius XII. — *Humani generis*. (przekł. pol.) Przegl. Powsz. 231: 155, 1951.
36. *Praojciec?* (komiks), World Christian Ministries, Toronto (bez daty).
37. Gish D. T., Bliss R. B. — *Summary of scientific evidence for Creation*. Impact 95-96: 3, 1981.
38. Gardner M. — *Notes of a fringe watcher. Robert Gentry's tiny mystery*. Skeptical Inquirer 3: 357-361, 1989.
39. M [o r r i s] H. M. — *How population can grow*. Days of Praise 2/1990.
40. Jones R. E. — *Evolution, creationism, and science education*. [W] Allen K. C., Briggs D. E. (red.) *Evolution and the fossil record*. Bellhaven Press, London, 242-255, 1989.

NAPOLEON WOLAŃSKI

Zakład Ekologii Człowieka

Instytut Ekologii PAN

Warszawa

EKOLOGIA CZŁOWIEKA – CZŁOWIEK I JEGO KULTURA
JAKO DYNAMICZNA CZĘŚĆ EKOSYSTEMÓW

Nauka jest (a szczególnie była w dawnych czasach) sposobem opisanie świata. Jej działy odpowiadały realnie istniejącym przedmiotom zainteresowania. Wraz z pogłębianiem się wiedzy, a tym samym zwiększania zasobów informacji, poszczególne dyscypliny dzieliły się na poddziały, także odpowiadające konkretnym przedmiotom zainteresowania. Na przykład w biologii wydzielili się zoologia i botanika, ta pierwsza z czasem podzieliła się na wiele szczegółowych dyscyplin — od protozoologii po prymatologię. Jednocześnie, na nieco innej zasadzie, powstawały anatomia, fizjologia itd.

W okresie, gdy opis świata już nie wystarczał, gdy na przyrodę i społeczeństwo starano się oddziaływać w sposób coraz bardziej przewidujący skutki — zaczęły się rozwijać nauki, które bardziej odpowiadały powstającym problemom, aniżeli klasycznym przedmiotom zainteresowania. Ten sposób podziału na problemy był transdyscyplinarny — starano się bowiem dostrzec powszechne dla przyrody i społeczeństwa zjawiska. Stopień uogólnienia nie oznaczał spłylenia problemu, lecz poszerzenie bazy obserwacji.

Od pewnego czasu, w wyniku narastania społecznie i gospodarczo ważnych problemów, powstają nowe dziedziny nauki. Przykładem tego jest, że obok produkcyjnej działalności technicznej (inżynierskiej) nie tylko rozwijane są podstawy techniki (fizyka, chemia, matematyka), lecz także i jej teoretyczne uogólnienia: z jednej strony dotyczące organizacji produkcji, z drugiej strony materiałoznawstwa, technologii itd. Do dzisiaj istnieją spory w jakim stopniu te teoretyczne uogólnienia są dziedzinami nauki, nie ulega jednak wątpliwości, że używana w nich bywa metodyka badań naukowych. Jednym z takich problemów naukowych jest zagadnienie relacji „kulturotwórczego człowieka” i przyrody. Zagadnienie to w pierwszej fazie zostało ujawnione jako przeciwstawienie człowieka — środowisku w jakim żyje. Zagadnienie to stało się niezwykle ważne w fazie, gdy zrozumiano, iż przyroda nie jest zasobem niewyczerpywalnym oraz, że oddziaływania człowieka na przyrodę mogą przynosić uboczne, szkodliwe dla niego skutki. Wobec triady powiązanych ze sobą zjawisk: eksplozji demograficznej, wyczerpywalności zasobów naturalnych i zniszczeń środowiska — problemy interrelacji populacji ludzkich

i środowiska życia nabrały dramatycznego wymiaru. Na tym tle w ślad za docenianiem ekologii, rozumianej jako ekonomika przyrody, dostrzeżono wagę ekologii człowieka.

Problematyka ekologii człowieka jest najczęściej definiowana jako wzajemny związek człowieka ze środowiskiem, niekiedy jako „relacja między społeczeństwem a przyrodą” lub „interrelacja między populacją ludzką, kulturą i środowiskiem”. Nie wspominając już, że powyższe określenia są bardzo ogólne w swym brzmieniu, a tym samym z punktu widzenia poszczególnych dyscyplin nauki mogą być rozumiane zbyt wąsko (co tylko pozornie brzmi jak paradoks), nie jest tu jasno powiedziane, czy oznacza to dyscyplinę naukową zajmującą się badaniami danego zjawiska, dziedziną aktywności społecznej (ochrona środowiska życia człowieka), czy też sposób widzenia świata (a więc pewien światopogląd czy poziom umysłowy w spojrzeniu na interrelacje człowieka i środowiska).

NIECO HISTORII... I CO DALEJ?

Termin ekologia człowieka w gruncie rzeczy pojawił się ponad 70 lat temu (Huntington 1916; Park i Burgess 1921), jako wyraz określonej doktryny w geografii, a następnie w socjologii. Geografia w ekologii człowieka widziała syntezę opisu rozmieszczenia człowieka i jego wytworów na Ziemi.

W socjologii ekologia człowieka rolę integrującą społeczeństwo przypisuje zamieszkiwanemu terytorium jako środowisku wspólnego życia. Nieco później ekologią człowieka nazwano w medycynie skutki określonego oddziaływania środowiska na człowieka, np. występowanie chorób w pewnych warunkach bytowania i wobec otaczającej przyrody, zwane wcześniej epidemiologią. Działy zwane ekologią człowieka powstawały w każdej dziedzinie wiedzy, w której rozważano jakikolwiek aspekt relacji człowieka i środowiska, w szczególności w wielu działach antropologii (fizycznej, kulturowej, społecznej). Znacznie później doszło nawet do tego, że teoretyczne aspekty inżynierii środowiska (urbanistyki, architektury, inżynierii, ergonomii) nazywać zaczęto ekologią człowieka. Ten wstępny, monodyscyplinarny etap należy do przeszłości, niezbyt odległej w latach, ale związanej z inną epoką czy generacją w koncepcjach naukowych. Etap ten można opisać jako (tab. 1A) badanie jednokierunkowego oddziaływania środowiska na człowieka lub rzadziej człowieka na środowisko.

W drugiej fazie rozwoju ekologii człowieka, wobec powszechności zainteresowań interrelacjami człowieka i środowiska, zaczęto dążyć do scalenia wiedzy na ten temat. Scalenie to miało jednak charakter formalny (tab. 1B), tworząc mozaikę informacji, na ogół nawet bez próby syntezy. Jeśli takie próby były dokonywane, to raczej w kierunku analizy sprzężeń zwrotnych, czyli – skoro człowiek wpływa na dany element środowiska, to jak zmieniony element oddziałuje wtórnie na człowieka i co z tego wynika. Ten historyczny już etap, choć spotykany do dzisiaj (niektóre ośrodki „Certificat international

Etap rozwoju ekologii człowieka

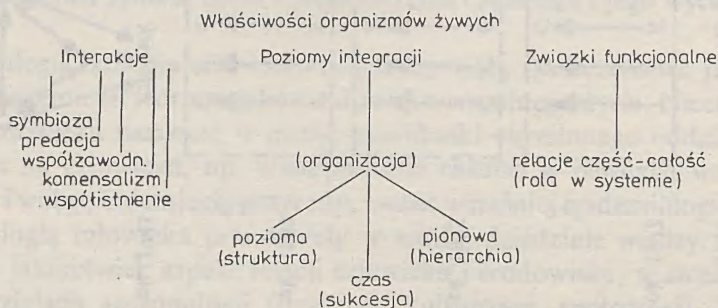
Etap rozwoju ekologii człowieka		Reprezentowany przez:
A. Monodyscyplinarny	1916	doktryny w poszczególnych dyscyplinach
B ₁ Multidyscyplinarny (mozaikowy, nauki przyrodnicze)	ok. 1972	„dyplom z ekologii człowieka” niektórych uniwersytetów zachodnioeuropejskich (Genewa, Bruksela itp.)
B ₂ Multidyscyplinarny (mozaikowy, inżynieria)	ok. 1975	Międzynarodowa Organizacja Ekologii Człowieka (IOHE), Wiedeń
B ₃ Multidyscyplinarny (mozaikowy, zwrotny)	ok. 1980	np. Amerykańskie Towarzystwo Ekologii Człowieka (SHE)
C. Transdyscyplinarny	ok. 1985	Komisja Ekologii Człowieka (CHE – IUAES)

Oznaczenia: T = klimat (temperatura itp.); Z = żywność (żywność, nawyki żywieniowe itp.); K = kultura (wykształcenie, dochody, organizacje, sztuczne środowisko itp.); C = człowiek (organizm, populacja, społeczność).

d'Ecologie Humaine”), był nowością 35 lat temu, a jeszcze 5 lat temu tolerowany. Etap ten jest zwany multidyscyplinarnym.

Rozpatrywanie człowieka na tle środowiska od wieków występowało w filozofii i w naukach przyrodniczych. Przyrodnicze tło istnienia człowieka dla jednych było złym demonem, dla innych przedmiotem zachwyty. Demiurg – przyroda przejawiał się co najmniej w trzech formach (w zasadzie kolejno pojawiających się): od wiary w determinizm natury względem społeczeństwa i kultury ludzkiej, poprzez nadmierną wiarę w możliwości przystosowawcze człowieka, do koncepcji przyrody jako czynnika limitującego ludzkie możliwości. Dzisiaj w gruncie rzeczy każdy z tych poglądów z osobna uważamy za jednostronny i sądzymy, że współwystępując nie wykluczają się one wzajemnie. W ten sposób zbliżamy się do współczesnego pojmowania ekologii człowieka jako konieczności zrozumienia istoty człowieka na tle niezmiernej złożoności i przemijalności związków wszechrzeczy. To też czyni koniecznym, aby ekologia człowieka była nauką syntetyczną, interdyscyplinarną w sensie ujmowania wzajemnych relacji natury, człowieka i jego kultury – jako zwartego systemu.

Teoretyczną podstawą ekologii człowieka (jak zresztą ekologii w ogóle) są następujące zasadnicze właściwości człowieka (i innych organizmów żywych): interakcje, poziomy integracji, wzajemne relacje funkcjonalne (rys. 1).

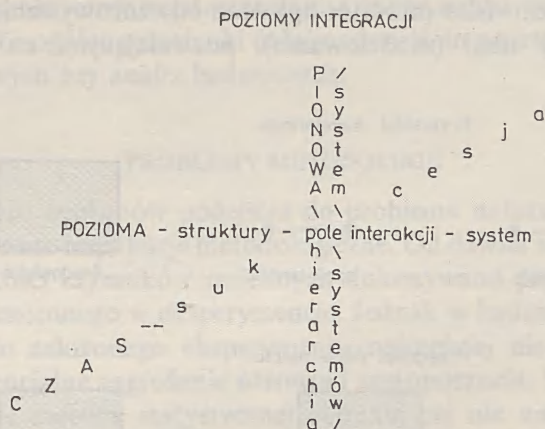


Rys. 1. Zasadnicze właściwości organizmów żywych (interakcje między organizmami, poziomy integracji przyrody i społeczeństwa jako struktury, hierarchie i sukcesje, wzajemne relacje funkcjonalne części z całością) będące przedmiotem badań ekologii człowieka

Mówiąc o interakcjach mamy na uwadze ciągłość egzystencji, jaka wynika z faktu, że każdy element przyrody jest związany z innymi siecią sił i działań. Te dynamicznie zmieniające się wzajemne związki są jednym z najbardziej typowych przejawów istnienia organizmów żywych. W prymitywnych społeczeństwach były one na danym terytorium bezpośrednią konfrontacją „twarzą w twarz”, dzisiaj są znacznie bardziej skomplikowane poprzez migrację, intensywny przepływ informacji (środki masowego przekazu) oraz szybkość przemian stylu życia.

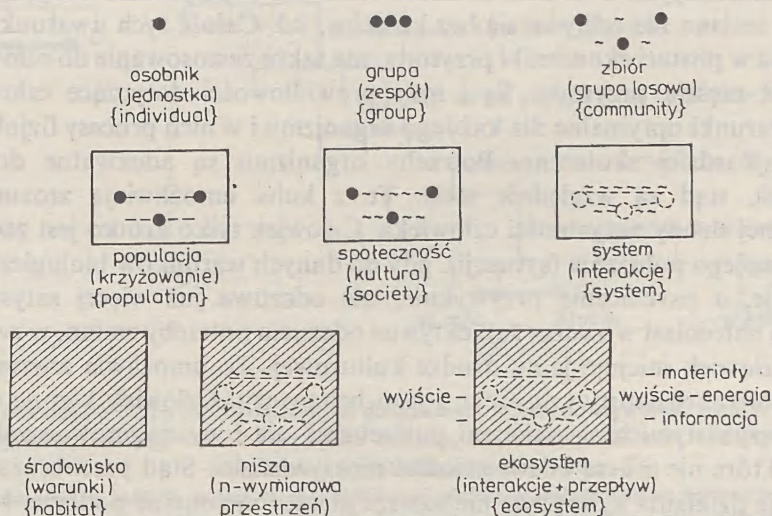
Poziomy integracji wywodzą się z teorii hierarchii, ale wykraczają poza nią. Chodzi tu o poziomy organizacji świata ożywionego, których jest co najmniej

dwa: indywidualny i kooperacyjny. W sensie związków „poziomych” jest to porządek (system) strukturalny, w sensie związków „pionowych” jest to hierarchia (system systemów), jako następstwo czasowe jest to sukcesja (rys. 2). Całość stanowi podstawę wnioskowania o poziomach autonomii (por. tab. 4).



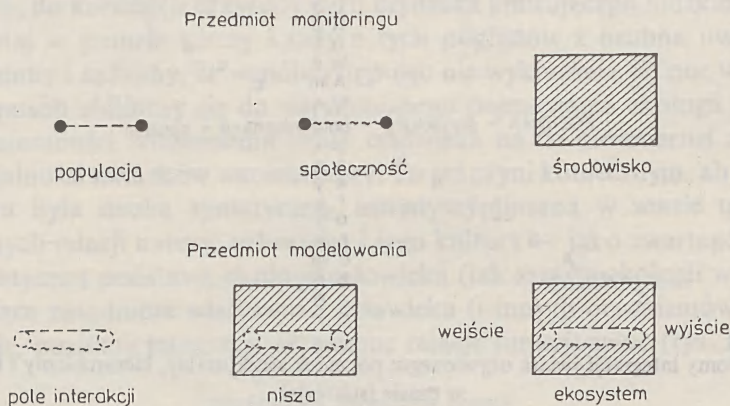
Rys. 2. Poziomy integracji świata ożywionego: porządek strukturalny, hierarchiczny i następstwo w czasie (sukcesja)

Interrelacje funkcjonalne dotyczą związków, jakie łączą część z całością, a więc wzajemnych związków rzeczy i zdarzeń wraz z ich tłem i kontekstem całościowym, w szczególności chodzi tu o role (funkcje) pełnione w ekosystemach.



Rys. 3. Podstawowe pojęcia w ekologii człowieka (terminy angielskie i ich polskie odpowiedniki)

Przedmiotem zainteresowania ekologii człowieka są więc (rys. 3) związki, jakie łączą grupy ludzkie (w szczególności populacje i społeczności) na tle środowiska (problem niszy) oraz względem otaczającej przestrzeni (problem ekosystemu). W związku z powyższymi podstawowymi problemami metodologicznymi ekologii człowieka jest opis stanu i wewnętrznych relacji grup ludzkich i ich środowiska (monitoring) oraz odwzorowywanie dynamicznych związków między nimi (modelowanie), pozwalającymi na przewidywanie skutków (rys. 4)



Rys. 4. Obiekty monitoringu (opisu, rejestracji) i modelowania (komputerowego odwzorowania) w ekologii człowieka

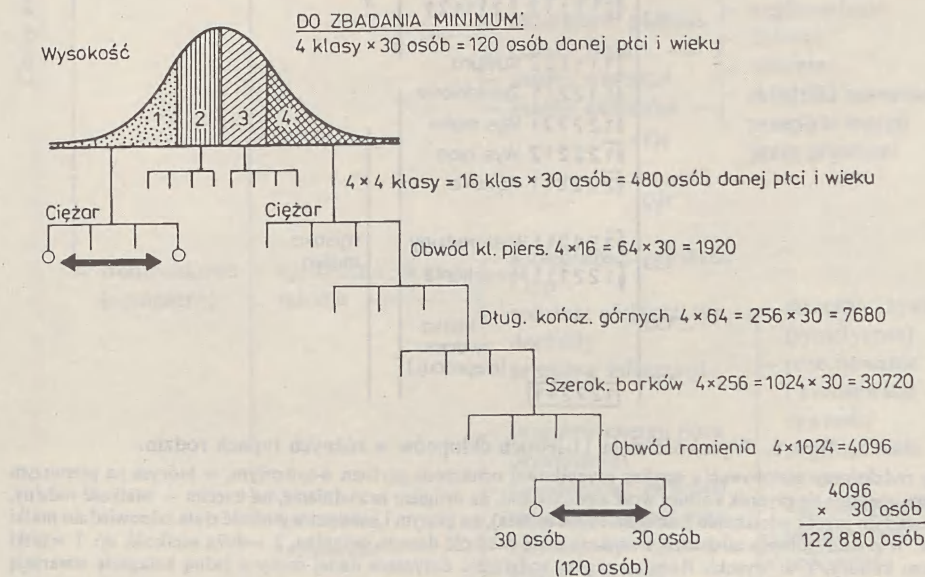
W ekologii ważne jest zrozumienie, że zależność jest wśród żywych organizmów konkurencyjna. Ponadto, że każda rzecz ma w przyrodzie swoje miejsce, że żadna zmiana nie odbywa się bez kosztów, itd. Całość tych uwarunkowań, ujmowana w postaci ekonomiki przyrody, ma także zastosowanie do człowieka, który jest częścią przyrody. Są i inne prawidłowości dotyczące człowieka: istnieją warunki optymalne dla każdego organizmu i w nich procesy fizjologiczne są najbardziej skuteczne. Potrzeby organizmu są adekwatne do jego morfologii, stąd są względnie stałe. Te z kolei umożliwiają zrozumienie biologicznej strony aktywności człowieka. Człowiek tylko krótko jest zadowolony ze swojego położenia (sytuacji), gdy do danych warunków biologicznie się zaadaptuje, a psychicznie przywyknie, nie odczuwa już więcej satysfakcji, wzrastają natomiast wówczas subiektywne odczucia potrzeby zmian, w związku z czym człowiek inicjuje je na drodze kulturowej. To umożliwia zrozumienie psychospołecznej natury człowieka i jego behawioru. Człowiek kieruje się nie tylko rzeczywistymi biologicznymi potrzebami, ale i wyimaginowanymi aspiracjami, które nie muszą odzwierciedlać rzeczywistości. Stąd przeobraża świat i wykazuje działania agresywne nie zawsze mające racjonalne podłoże. I to też trzeba zrozumieć, aby zapobiec niekorzystnym odległym czy ubocznym skutkom działań ludzkich, w tym jego presji wywieranej na środowisko.

Zależności powyżej omówione są zawsze kompleksowe, stąd gdy badamy nawet jakieś szczegółowe oddziaływanie pojedynczego czynnika na konkretną cechę, musimy pamiętać o tym, że jest to tylko fragment jednocześnie zmieniającej się rzeczywistości, która jest powszechnym związkiem rzeczy.

Powyższe rozumowanie jest na tyle ogólne, że może być uważane za abstrakcyjne i praktycznie niestosowne, a może nawet bez znaczenia. Tak jednak nie jest. Te ogólne przesłanki należy odnosić do praktyki, także w sensie studiów naukowych czy analiz badawczych.

PROBLEMY METODOLOGII

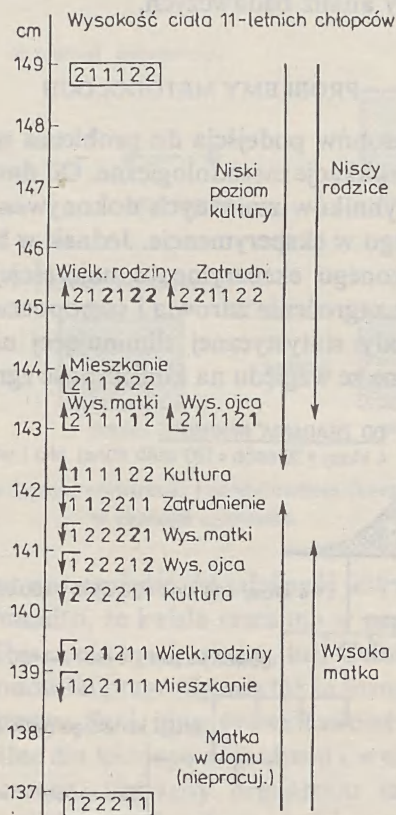
Z omówionych sposobów podejścia do problemu natura—człowiek—kultura wynikają ważne implikacje metodologiczne. Od dawna w pracy badawczej eliminację wielkości czynników zmiennych dokonywano poprzez analizę jednego czynnika zmiennego w eksperymencie. Jednak w badaniach nad człowiekiem stosowanie założonego eksperymentu najczęściej nie jest możliwe, ze względu na potencjalne zagrożenie zdrowia i samopoczucia. Stosowanie zaś tej zasady w formie metody statystycznej eliminującej nie analizowany zakres zmienności nie jest realne ze względu na konieczność zgromadzenia olbrzymich



Rys. 5. Minimalna liczba osób koniecznych do zbadania zależności wysokości ciała w jego relacji do masy ciała, zależnie od 4 właściwości rodziny: dochodów, wielkości rodziny, wielkości mieszkania i wykształcenia małżonków.

Przyjęto założenie, że każda ze zmiennych oraz każdy z czynników wpływających na nie dzielona jest na 4 klasy, a minimalna liczba osób w klasie wynosi 30 osób. Przy badaniu relacji wysokości i masy ciała pod wpływem wymienionych czynników, dla zachowania zasady jednego czynnika zmiennego w eksperymencie materiał musiałby liczyć blisko 123 tys. osób jednej płci i wieku. Liczby takiej nie znajdzie się nawet w milionowym mieście.

materiałów (rys. 5). W dobie elektronicznej techniki obliczeniowej trudność tę w pewnym stopniu można wyeliminować przez zmniejszenie liczby potencjalnych czynników wpływających na badane zjawisko, a tym samym analizować mniejszą liczbę czynników, za to nie skorelowanych między sobą. Na tym tle można wyodrębnić różne typy środowisk (np. rodzinnych), stabilizować pozostałe czynniki (źródła zmienności), i analizować wpływ tylko jednego czynnika (rys. 6) na dane cechy.



Rys. 6. Wysokość ciała 11-letnich chłopców w różnych typach rodzin.

Typy rodzin przy zastosowaniu analizy czynnikowej oznaczone szyfrem 6-cyfrowym, w którym na pierwszym miejscu znajduje się czynnik kultury wraz z dochodami, na drugim zatrudnienie, na trzecim — wielkość rodziny, na czwartym jakoś mieszkania (także dzielnica miasta), na piątym i szóstym wysokość ciała odpowiednio matki i ojca. W poszczególnych miejscach 1 oznacza małą wielkość danego czynnika, 2 = dużą wielkość, np. 1 = niski poziom kultury, 2 = wysoki. Różnice między rodzinami dotyczące danej cechy o jedną kategorię stwarzają warunki jednego czynnika zmiennego w eksperymencie.

Ogólnie rzecz biorąc, analizując jakiś czynnik środowiskowy należy pamiętać, że jest to tylko jeden z czynników oddziałujących na organizm. Bodajże wszystkie cechy człowieka są wieloczynnikowe. Starać się więc trzeba nie tylko ocenić siłę danego czynnika według jego własnej skali, ale musimy oszacować jego udział w kształtowaniu danej cechy wobec innych potencjalnych czyn-

Klasyfikacja czynników odpowiedzialnych za zmienność cech u człowieka (proponując dla analizy czynnikowej, W o l a ń s k i 1987)

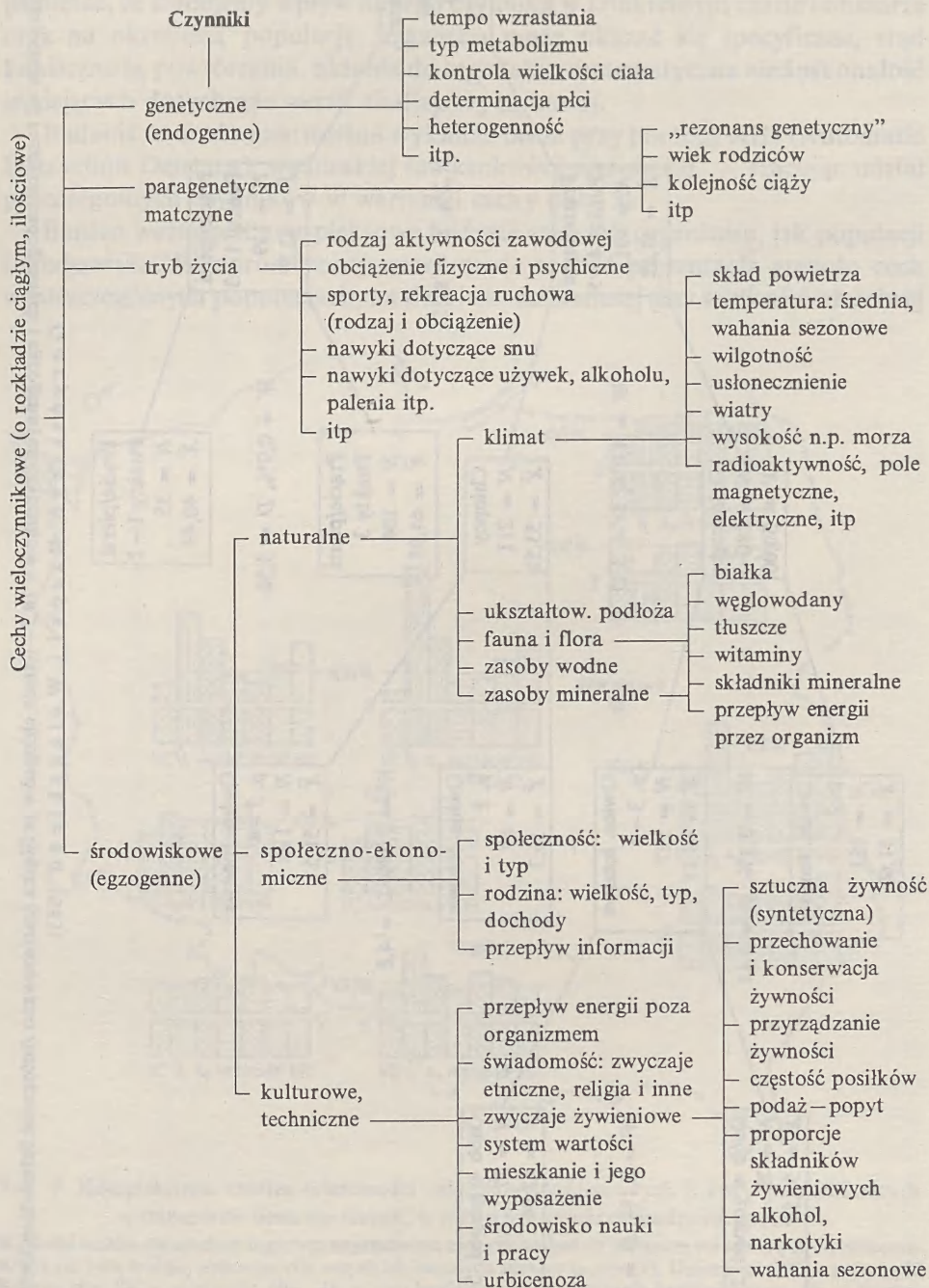
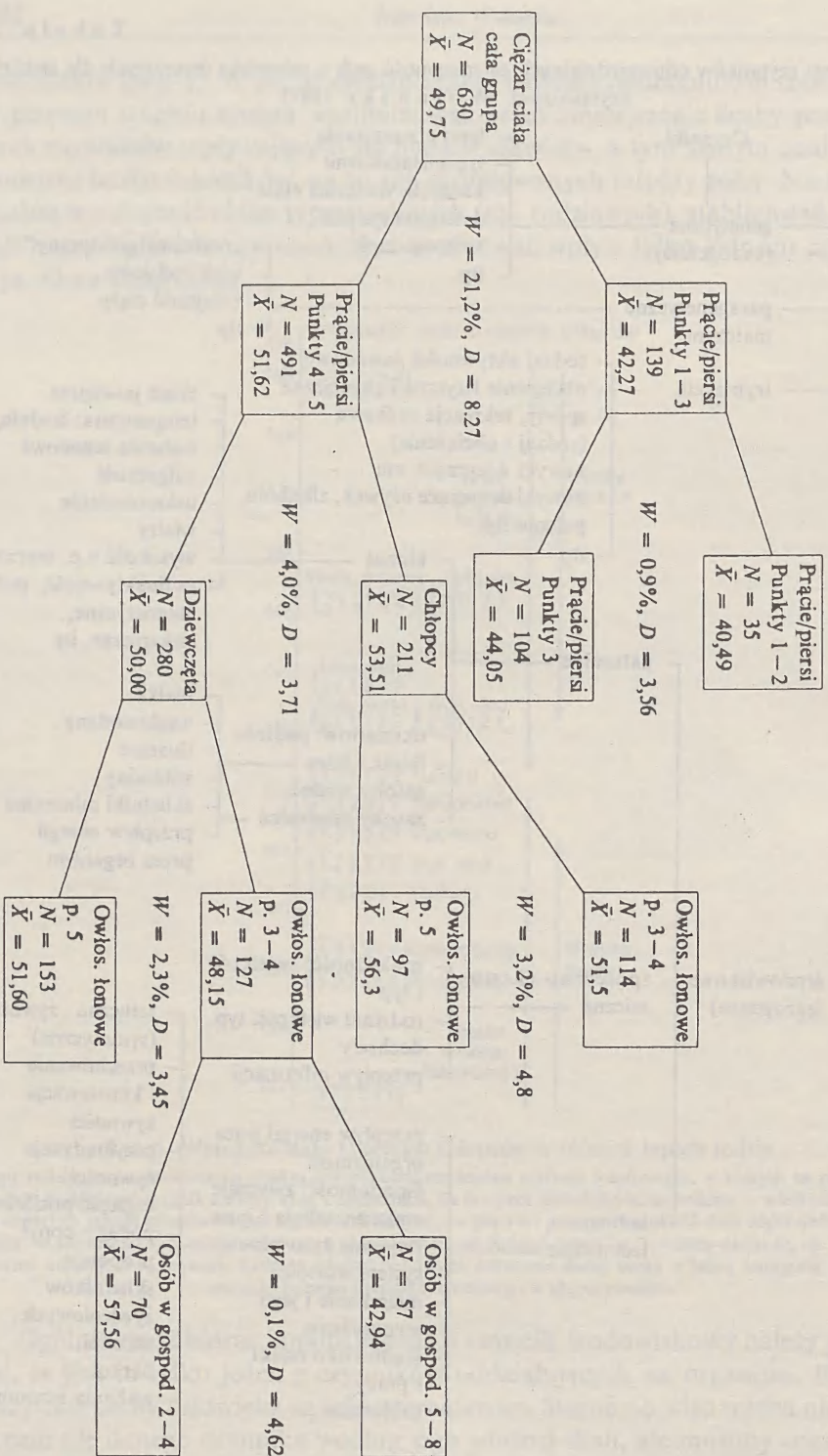


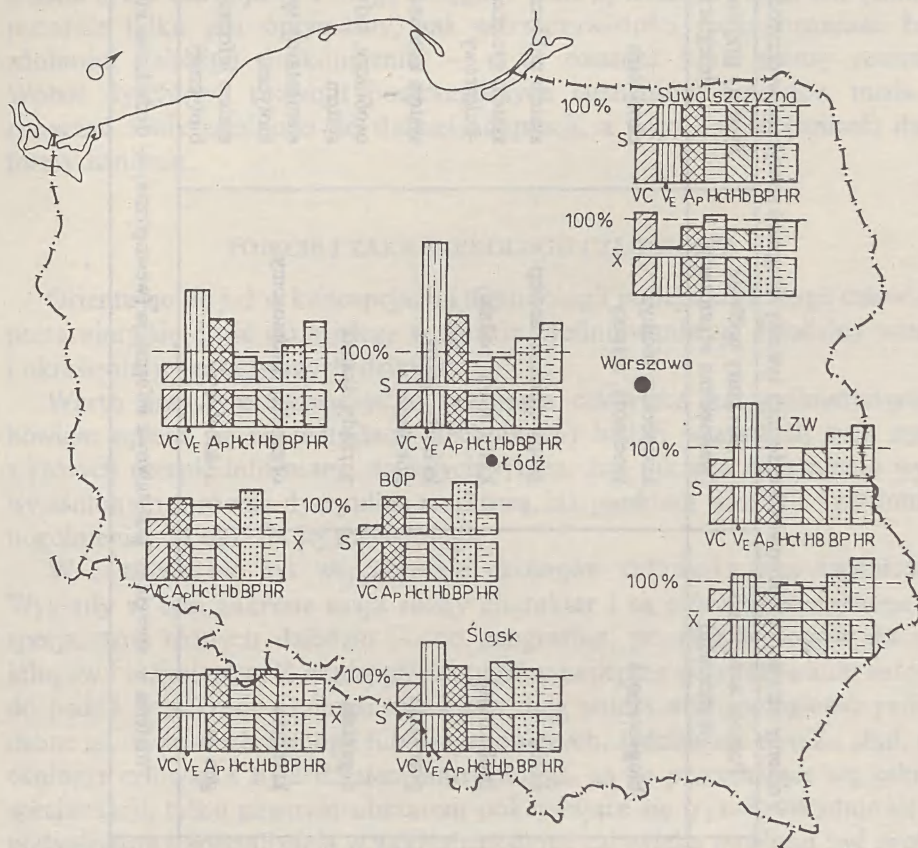
Tabela 3
Zależność masy ciała od różnych endogennych i egzogennych czynników u 14,5-letnich chłopców ze Śląska (zastosowano Automatic Interaction Detector wg Goryńskiego, Rzepki i Wołańskiego 1983)



ników (tab. 2), które mogą wpływać na badaną cechę. Trzeba przy tym pamiętać, że szacujemy wpływ danego czynnika w konkretnym czasie i obszarze oraz na określoną populację. Zjawisko może okazać się specyficzne, stąd konieczne są powtórzenia. Skłania do tego także matematyczna niedoskonałość istniejących dotychczas wersji analizy czynnikowej.

Badania tu omówione można wykonać także przy pomocy AID (Automatic Interaction Detector), wielorakiej lub krokowej regresji itd. — szacując udział poszczególnych czynników w wariancji cechy (tab. 3).

Bardzo ważne jest kompleksowe badanie cech tak organizmu, jak populacji i środowiska. W uproszczonej wersji może to być prezentacja zespołu cech w poszczególnych populacjach, na tle wielkości średniej (czy wielkości właściwej



Rys. 7. Kompleksowa analiza właściwości oddechowo-krażeniowych i krwi, pośredniczących w transporcie tlenu do tkanek, w różnych warunkach środowiskowych.

Wielkości lokalne dla młodych mężczyzn unormowano zarówno na średnie dla terenu wsi rolniczych Suwalszczyzny (S), jak i dla średniej obliczonej dla wszystkich badanych terenów łącznie ($\bar{X}$). Oznaczenia: VC = pojemność życiowa płuc, $\dot{V}_E$ = wentylacja płuc, A_p = czas bezdechu, Hct = wskaźnik hematokrytowy, Hb = poziom hemoglobiny, BP = ciśnienie krwi, HR = częstość skurczów serca; dane dla LZW = Lubuskie Zagłębie Węglowe, BOP = Belchatowski Okręg Przemysłowy, Śląsk = Górnośląski Okręg Przemysłowy i duże miasto przemysłowe Łódź (za K o z i o ł 1989).

T a b e l a 4

Poziomy autonomii i odpowiednie do nich systemy integracji spotykane w przyrodzie i społeczeństwie

Skala zjawiska	Poziom autonomii (organizacji)	Struktury podległe (wewnętrzna organizacja)	Systemy przystosowania (integracji)	Aspekt sukcesji (ew. stan szczytowy)
Globalna	biogeocenoza	krajobrazy, biomy, biocenozy, zespoły	ekosystem	urbicenozy, miasta, konurbacje
Spoleczna	naród	grupa etniczna, szczep	system polityczny	brak granic
Biotyczna	społeczność	kasty, klasy, rodziny	system społeczno-kulturowy	społeczeństwo egalitarne
	populacja	kohorty, grupy, pokolenia	system komunalny	wykrzyżowanie pełne
	organizm	narządy, tkanki	osobniczy, indywidualny system	jednostka ludzka
	komórka	organelle, chromosomy	elementarny system biotyczny	„niezależna” komórka (samodzielna)
Abiotyczna	gen	nukleotydy	system informacji biotycznej	biochemiczny układ samoinformacji
	materia + energia + podstawowa informacja (wewnętrzna) + dodatkowa informacja (komunikacja zewnętrzna)			

dla jednej z populacji), skąd wynikać będą wnioski np. o kompensacyjnym sposobie przystosowania, o nadprzystosowaniu czy też nieprzystosowaniu (rys. 7).

Ważnym elementem badań jest także uwzględnienie odrębności mechanizmów adaptacyjnych na różnych poziomach organizacji (tab. 4). Owe różne poziomy organizacji abiotycznego, biotycznego świata i społeczeństwa ludzkiego wynikają właśnie z omawianych wzajemnych związków wszechrzeczy. Związki te w procesie ewolucji przybrały postać pewnych systemów samosterowania (samokontroli). Jest to więc wynik integracji w postaci systemu wzajemnej adaptacji, stanowiący o autonomii. Wydaje się jednak, że podobnie jak w ekologicznej sukcesji, tego rodzaju systemy mają także swoje własne cykle rozwojowe i mogą osiągnąć stan „perfekcji”. Stan ten (climax) pozornie tylko jest optymalny, zaś w rzeczywistości może oznaczać brak zdolności dalszego doskonalenia — a to oznacza brak szansy rozwoju. Wobec dyschronii rozwoju poszczególnych elementów biocenoz, może to oznaczać zanik zdolności do dalszej adaptacji, a więc koniec (śmierć) danej formy istnienia.

POJĘCIE I ZAKRES EKOLOGII CZŁOWIEKA¹

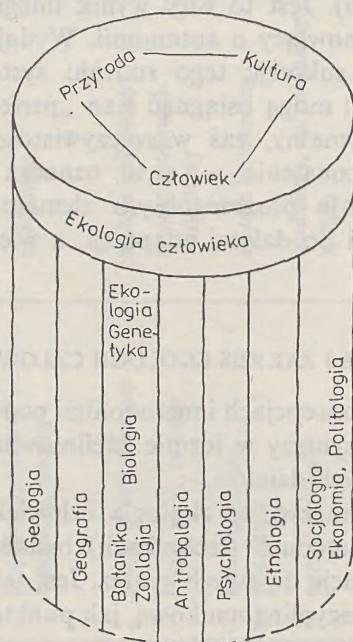
Orientując się już w koncepcjach i metodologii podejścia ekologii człowieka postaramy się dojść do syntezy w formie zdefiniowania tej dziedziny wiedzy i określenia jej zasadniczych działów.

Warto przy tym zaznaczyć, że ekologia człowieka jest polimetodyczna, bowiem opiera się na metodach (technikach) badań wszystkich tych nauk, z których czerpie informację do swych syntez. Jest także w rozumieniu wyżej wyjaśnionym zarówno dyscypliną naukową, jak punktem widzenia i poziomem uogólnienia, co określa jej metodologię.

W zasadzie nie ma współcześnie ekologów człowieka z wykształcenia. Wykłady w tym zakresie mają różny charakter i są raczej przeznaczone dla specjalistów różnych dziedzin — od geografów, poprzez biologów do socjologów i inżynierów. Z istniejących studiów najlepsze przygotowanie wstępne do badań w zakresie ekologii człowieka dają studia antropologiczne prowadzone na wydziałach biologii lub przyrodniczych. Jednak nie wynika stąd, aby ekologia człowieka była działem antropologii, są to przecinające się zakresy specjalizacji, tylko pewnym obszarem pokrywające się (rys. 8). Wydaje się, że podyplomowa specjalizacja w zakresie ekologii człowieka powinna być prowadzona na wydziałach przyrodniczych uniwersytetów, a zawierać syntetyczną wiedzę, a nie tylko elementy środowiskowe różnych dyscyplin klasycznych. Wynika to z metodologii i zakresu kompetencji ekologii człowieka.

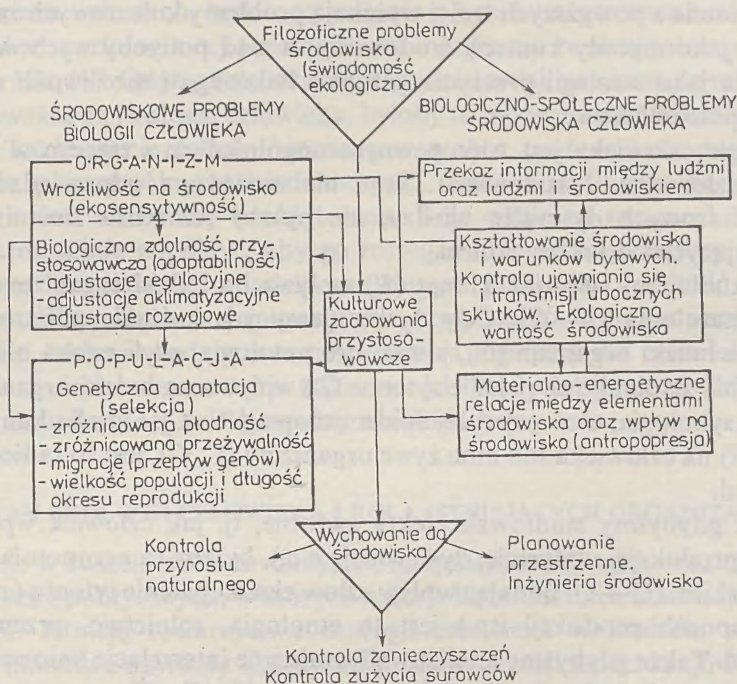
¹ Poglądy tu omówione są wynikiem między innymi zorganizowanej w latach 1985-1986 międzynarodowej dyskusji, która została podsumowana na „First World Academic Conference on Human Ecology” w Madrycie we wrześniu 1986 roku (W o l a ń s k i 1987 a, b).

Ekologia człowieka jest dyscypliną naukową, która obejmuje transdyscyplinarne (geologii, geografii, biologii, antropologii, psychologii, socjologii, etnologii — por. rys. 8 — włączając takie subdyscypliny jak demografia czy archeologia) problemy związane z wzajemnymi związkami człowieka, kultury i przyrody w skali czasu i przestrzeni. Ekologia człowieka nie stanowi o liniowych relacjach przyrody, człowieka i kultury ($P \rightarrow C \rightarrow K$; $C \rightarrow K \rightarrow P$ itp.), lecz jest systemowym badaniem interrelacji powyższych głównych komponentów (por. tab. 1C).



Rys. 8. Ekologia człowieka jako problem transdyscyplinarny i jej relacja do klasycznych dyscyplin naukowych

Ekologia człowieka bada z jednej strony wszystkie elementy przyrodniczego, społecznego i kulturowego środowiska jako zintegrowany system, w którym człowiek jest immanentną częścią i dynamicznym czynnikiem. Owa dynamiczna i twórcza aktywność człowieka zwana jest kulturą. Z drugiej strony ekologia człowieka bada organizm człowieka i populacje ludzkie jako poziomy autonomii, stara się zrozumieć mechanizmy samoregulacji interrelacji ze środowiskiem (systemy homeostatyczne), które ulegają przeobrażeniom w czasie (homeoreza) i które są odmienne na różnych obszarach kuli ziemskiej (globalne zróżnicowanie w czasie i przestrzeni). Populacje ludzkie i społeczności reprezentują specyficzny poziom integracji człowieka ze środowiskiem w skali puli genowej i kulturowych zachowań. W związku z tym musimy pojmować ekologię człowieka jako transdyscyplinarną naukę, która bada dynamikę biologicznych i kulturowych interrelacji między ludźmi (jako jednostkami,



Rys. 9. Główne problemy ekologii człowieka: filozoficzne problemy percepcji środowiska i świadomości ekologicznej; biologiczne i społeczne problemy środowiska człowieka; środowiskowe problemy biologii człowieka; oraz problemy zachowań przystosowawczych i wychowania do środowiska

populacjami i społecznościami) i totalnym środowiskiem (naturalnym, socjalnym, technicznym i kulturowym), w którym człowiek żyje. Najkrótszym więc określeniem kompetencji ekologii człowieka jest: człowiek i jego kultura jako dynamiczna część ekosystemów.

Istnieje jednak kilka zasadniczych kierunków aktywności ekologii człowieka. Właśnie aktywności, a nie tylko badań, bowiem ekologia człowieka jest także definiowana jako dziedzina stosowana w praktyce (polityce, ekonomii, planowaniu przestrzennym itp.). Do tych głównych kierunków lub problemów należą (rys. 9):

1. Filozoficzne problemy ludzkiej fascynacji, wierzeń i badań dotyczących środowiska. Inaczej mówiąc są to teoretyczne problemy percepcji środowiska i świadomości ekologicznej.

2. Biologiczne i społeczne problemy środowiska życia człowieka, jako systemu interrelacji warunków, w których gatunek ludzki powstał, rozwijał się i występuje współcześnie.

3. W konsekwencji są to także ekologiczne problemy biologii człowieka. Jest to w gruncie rzeczy główny problem ekologii człowieka jako dyscypliny naukowej, ponieważ powstanie, rozwój, świadomość człowieka ma swe biologiczne podłoże.

4. Wreszcie z powyższych treści wynikają problemy kulturowych zachowań człowieka jako metody kontroli środowiska, a stąd potrzeby wychowania do środowiska jako strategii przeżycia gatunku ludzkiego i możliwości dalszego rozwoju społeczeństwa.

Ekologia człowieka jest więc pewnym uogólnieniem i etapem w rozwoju nauki o człowieku i środowisku. Stąd nie może ona odpowiadać żadnej z dotychczasowych dyscyplin wiedzy, nie byłoby też sensu zmieniać nazw funkcjonujących od lat czy stuleci.

Gdy studiujemy więc jak klimat (K) wpływa na ludzki organizm (C), jest to bioklimatologia ($K \rightarrow C$). Gdy dyskutujemy jak spożycie pokarmów ($\dot{Z}$) wpływa na ludzki organizm (C), jest to bromatologia, czyli nauka o żywieniu ($\dot{Z} \rightarrow C$). Gdy badamy jak palenie tytoniu (P) wpływa na ludzki organizm (C), jest to toksykologia, a co najwyżej epidemiologia ($P \rightarrow C$). Gdy badamy wpływ radiacji (R) na człowieka lub inne żywe organizmy (C, O), jest to radiobiologia ($R \rightarrow C$), itd.

Nawet gdybyśmy studiowali efekty zwrotne, tj. jak człowiek wpływa na żywność (produkcję, utylizację, dystrybucję etc.), byłaby to agronomia, ekonomia, handel itd. ($C \rightarrow \dot{Z}$). Badając wpływ człowieka na palenie tytoniu (zwyczaj, uprawa, sposób produkcji itp.) jest to etnologia, rolnictwo, przemysł itd. ($C \rightarrow P$), itd. Także gdybyśmy analizowali wzajemne interrelacje liniowe wpływu żywności na człowieka i człowieka na żywność ($C \leftrightarrow \dot{Z}$) oraz uwzględnili poszczególne relacje — byłaby to tylko mozaika informacji, lecz nie nowa wiedza. Badane są także takie bardziej złożone relacje, jak związek żywienia z chorobami zakaźnymi oraz z warunkami środowiska, jest to problem tzw. ekologii żywienia i chorób — jednak dziedzina ta powstała przed około 30 laty w ramach nauk o żywieniu, stąd nie istnieje potrzeba nazywania tych związków ekologią człowieka — choć jest ona już bliska problematyce ekologii człowieka. Taki bardziej złożony układ związków przedstawiliśmy w projekcie międzynarodowych badań w zakresie ekologii człowieka (W o l a ń s k i , C r o g - n i e r i B e r i s 1990).

Sądząc więc, że należy nazywać po imieniu higienę, epidemiologię, socjologię, sozologię itd. — dopiero gdy chcemy podkreślić ów specyficzny problem związku ze środowiskiem, możemy pewne zjawiska nazwać ekologią miasta (co jest zresztą szerszym zagadnieniem niż tylko ten, który wchodzi w zakres ekologii człowieka — B a r t k o w s k i 1987; W o l a ń s k i 1987), ekologią żywienia, ekologią chorób (ekologia zdrowia jest, jak sędzę, czymś bardziej zbliżonym, a może pośrednim do higieny oraz epidemiologii), ekologią społeczną itd. Ale dopiero tworząc nowy zwarty zasób wiedzy wynikający z systemowego ujęcia danych elementów — możemy użyć nowego terminu, w danym przypadku: ekologia człowieka. Skoro więc będziemy pojmować człowieka i jego kulturę jako dynamiczną część ekosystemów — będzie to syntetyczne spojrzenie na człowieka ze specyficznego punktu widzenia. Powtórzmy więc jeszcze raz, gdy będziemy mówić o konkretnych

zależnościach liniowych, będzie to zależnie od cechy organizmu i od czynnika środowiska: morfologia czy fizjologia, auksologia czy ewolucjonizm, socjologia czy geografia, itd. Gdyby wszystkie aspekty środowiskowe istniejących dziedzin wiedzy uważać za ekologię człowieka, byłoby to może ponad 50% całej ludzkiej wiedzy. Takie ujęcie byłoby nonsensem wobec tendencji do precyzyjnego określenia poszczególnych dziedzin nauki. Taka klasyfikacja po prostu nie miałaby sensu, bo byłaby bezużyteczna. Rola nauki to rozumieć świat, aby z nim harmonijnie współżyć, aby go rozwijać i nie niszczyć natury, aby wraz ze światem rozwijała się w ładzie wzajemnym przyroda i ludzkość. W dobie postindustrialnej, do której musimy się przysposobić – opanowanie wiedzy, kształcenie, badania będą uznane zapewne za najlepszy dla człowieka sposób spędzania wolnego czasu, a nie tylko zawód. Stąd określenie poszczególnych dziedzin tak obszernej dzisiaj wiedzy ma dodatkowy sens.

STAN EKOLOGII CZŁOWIEKA I ROLA ISTNIEJĄCYCH ORGANIZACJI

Istnieje w świecie wiele towarzystw, instytucji naukowych oraz organizacji społecznych i politycznych, w których nazwie bądź treściach dominuje ekologia człowieka. Istnieją towarzystwa ekologii człowieka w krajach, w których badania naukowe uzyskały liczący się poziom: w większości krajów europejskich, Egipcie, Indiach, Japonii, Korei, USA itd.

Kilka organizacji bądź towarzystw ma ambicje międzynarodowe, jednak w bardzo różnym zakresie. Jak na tle zarysowanych w niniejszym artykule celów i zakresu kompetencji ekologii człowieka jawi się ich rola?

Powstała na bazie szeregu konferencji organizowanych od 1975 roku w Wiedniu „International Organization for Human Ecology” (IOHE) jako stowarzyszenie starała się objąć wszelkie istniejące kierunki ekologii człowieka. Dominowała w niej bardziej strona inżynierska, aniżeli naukowa. Jednak zbyt szeroko zakreślona problematyka doprowadziła do rozmycia się zakresu całości. Ekologię człowieka pojmowano jako „człowiek a środowisko” z akcentem na owo „a” — co w gruncie rzeczy nie znaczyło nic konkretnego. W dodatku specyficzna polityka sekretarza generalnego IOHE doprowadziła tę organizację praktycznie do upadku. Wydawała „Colloquium Internationale”.

„Commonwealth Human Ecology Council” (CHEC) jest organizacją społeczną (nie rządową) działającą od 1979 roku, opartą na autorytecie kilku wybitnych osobistości politycznych, starającą się skoordynować działania co najmniej w krajach Wspólnoty Brytyjskiej na rzecz kontroli wzrostu populacji, zdrowia publicznego, żywienia i ochrony środowiska życia człowieka. CHEC nie ma wyraźnej linii ideowej ani teoretycznego programu naukowego. Swoje kompetencje i zadania określa jako: „Ekologia człowieka traktuje o interakcji człowieka i ludzkiej społeczności ze środowiskiem”. „Dotyczy to filozofii i jakości życia w związku z rozwojem biologicznych i geologicznych zasobów, osiedli miejskich, przemysłu i technologii, gospodarki, wychowania i kultury”.

Ponieważ proces biologicznego przystosowania do poszczególnych ekosystemów wymaga tysięcy pokoleń (pokolenie jest jednostką zmian ewolucyjnych — rys. 10), a uzyskane genetycznie kontrolowane właściwości mają z kolei charakter wymogów organizmu względem środowiska — badania inspirowane przez CHE mają zasadnicze znaczenie zarówno dla oceny warunków środowiskowych, jak i stanu biologicznego populacji ludzkich. Szczególnie istotne są tu interrelacje między człowiekiem a stworzonymi przez niego urbicenozyami. Istnieją one dopiero od około 200 pokoleń (rys. 10) i już to wskazuje, że szansa genetycznej adaptacji była tu żadna. Ta forma kulturowego przystosowania wtórnie powoduje biologiczne adjustacje. Te biologiczne adjustacje są w zasadzie trwałe („nieodwracalne” w ontogenezie), jednak odwracalne w filogenezie, jeśli zmiane ulegną warunki bytowe. Człowiek żyje w „ekosystemach” miejskich ponad 5 tysięcy lat, lecz te warunki w okresie preindustrialnym były inne, inne były w okresie rewolucji przemysłowo-naukowej, jeszcze inne u współczesnego „technicznego człowieka”. Wobec szybko następujących współcześnie przekształceń samych ekosystemów miejskich, jest nawet problemem czy plastyczne zmiany adiustacyjne z okresu młodości organizmu mają wartość przystosowawczą w okresie dorosłości tego samego człowieka — żyje on już przecież w przekształconych w tym czasie warunkach.

Przedstawione dotychczas przez CHE dwa projekty badań naukowych opublikowane zostały w CHE Newsletter (2 i 3/87)².

Przewodniczącym CHE jest Napoleon Wolański (Polska), sekretarzem naukowym — Emile Crognier (Francja), zastępcą sekretarza naukowego — Cristina Bernis (Hiszpania). Poza wyżej wspomnianym CHE Newsletter, CHE autoryzuje „Studies in Human Ecology” (Polska), Acta „Oecologiae Hominis” (Szwecja), „Journal of Human Ecology” (Hiszpania) i 1 numer w roku „International Journal of Anthropology” (Włochy).

LITERATURA

1. Bartkowski T. — *What is urban ecology?* [W:] „IALE Working Group Urban Ecology Conference”, Poznań 1987.
2. Geoffrey J. M., — *Ellsworth Huntington: His life and thought*. Archon Books, String Press, Hamden 1973.
3. Goryński P., Rzepka J., Wolański N. — *Badania nad zależnościami wysokości i masy ciała dzieci od wybranych cech endo- i egzogennych*. [W:] XX Jubil. Ogólnopol. Zjazd Pediatrów, Materiały Naukowe, 1:44-47, Warszawa 1983
4. Huntington E. — *Climatic changes as a factor in organic evolution, 1916* [Cytowane z: Geoffrey J. M., 1973 i Sargent F., 1983].

² Można je otrzymać za pośrednictwem Sekretarza Naukowego CHE — Dra E. Crognier, Department of Human Ecology, Universite Aix-Marseill III, 3 Avenue Robert Schuman, 13628 Aix-en-Provence, Francja.

5. Kozioł R. *Respiratory, cardiovascular and blood traits in some Polish populations, as related to urbanization and industrialization*. Studies in Human Ecology, 8:7—54, 1989.
6. Park R. E., Burgess E. W. — *Introduction to the science of sociology*. Chicago 1921.
7. Sargent F. *Human Ecology. A guide to information sources*. Gale Research Company, Detroit 1983.
8. Tengstrom E. — *Human ecology — a new discipline?* Humanekologiska Skrifter, 4. Goteborg 1985.
9. Wolański N., 1987a. *Human Ecology — Science or point of view*. [W:] „Prospecting Human Ecology”: 13 — 70, Universidad Autonoma de Madrid, Madrid 1987a
10. Wolański N. — *What is human ecology and what is urban ecology?* „IALE Working Group Urban Ecology Conference” Poznań 1987b.
11. Wolański N., Crognier E., Bernis C. — *International program in human ecology: Biosocial status of environmental changes*. Collegium Anthropologicum 14 (1): 173 — 182 1990.
12. Wolański N., Chrzastek-Spruch H., Kozłowska A., Teter A., Siniarska A. — *The role of culture, living conditions and genes in the growth of 11-year-old children from Lublin*. In: „Proceedings of 5th Congress of European Anthropological Association”, 1: 275-284, Lisboa (1988); Antropologia Contemporanea, 11 (3-4): 167-175.
13. Wolański N., Dickinson F., Murguia R. — *Basic curriculum for postgraduate studies in human ecology*. Human Ecology Bulletin, SHE, 6:23—29, 1989.
14. Young G. L. — *Human ecology as an interdisciplinary concept: A critical inquiry*. [W:] „Advances in Ecological Research”, red.: A. MacFadyen, 8:1-105, Academic Press, London and New York 1974.
15. Young G. L. — *A conceptual framework for an interdisciplinary human ecology*. Acta Oecologiae Hominis, International Monographs in Human Ecology, 1, 1989.

GRAŻYNA JASIEŃSKA

Zakład Antropologii
Uniwersytet Harvarda
Cambridge, USASYNCHRONIZACJA CYKLI REPRODUKCYJNYCH U KOBIET –
ASPEKTY EKOLOGICZNE I EWOLUCYJNE

Cechą rozrodu ssaków jest cykliczność, z powtarzającymi się regularnie u samic okresami płodności i bezpłodności. U żyjących w grupach samic wielu gatunków ssaków zauważono tendencję do synchronizacji cykli reprodukcyjnych. Oznacza to, że samice wchodziły w fazę płodności w tym samym czasie. Zjawisko to zostało opisane między innymi u gryzoni [4], torbaczy [1'], u wielu małp [12], a także u ludzi [13, 15, 18, 19, 20, 25, 29]

Martha McClintock [21] wyróżniła trzy poziomy, na których zachodzi synchronizacja reprodukcyjna pomiędzy samicami. Zjawisko to może występować na poziomie całego cyklu życiowego samicy, kiedy synchronizowane są pierwsza menstruacja lub menopauza. Może również zachodzić na poziomie rocznego cyklu reprodukcyjnego, czyli kiedy synchronizowana jest data rozpoczęcia sezonu rozrodczego. Wreszcie, synchronizacja może zachodzić na poziomie mniejszych odcinków czasu, na przykład synchronizowany może być czas pojedynczej owulacji.

Samice muszą żyć w grupie przez dłuższy czas, aby ich cykle zsynchronizowały się wzajemnie. Co najmniej trzy następujące po sobie cykle owulacyjne są zazwyczaj konieczne, by nastąpiła synchronizacja [23]. Grupy o takiej stabilności nie występują w naturze zbyt często. Dodatkowo u niektórych rozmnażających się socjalnie gatunków, ciąża i laktacja, przerywając ciągłość regularnych cykli, zmniejszają prawdopodobieństwo synchronizacji (np. u pawiana *Papio cynocephalus* [1] lub u plemion łowiecko-zbierackich [22]).

Efektem synchronizacji cykli reprodukcyjnych jest rodzenie młodych w tym samym czasie przez wszystkie samice w populacji. Znaczenie przystosowawcze tego zjawiska zostało wykazane dla kilku gatunków. U werwet (*Cercopithecus aethiops*) zdarza się, że młode urodzone pod koniec sezonu otrzymują niepełnowartościowe pożywienie i w efekcie nie rozwijają się prawidłowo [21]. Także wychowywanie młodych zbyt wcześnie, kiedy dla reszty populacji wybór partnerów i terytoriów wciąż jest jeszcze niezdecydowany, może zmniejszać sukces rozrodczy rodziców. Dodatkowo, dla danej populacji lub stada zwierząt, synchronizacja w rodzeniu młodych może przyczyniać się do zredukowania presji drapieżniczej. U wielu gatunków świeżo urodzone młode są najbardziej

narażone na atak drapieżników. Jeżeli w populacji zaledwie kilka młodych rodzi się w tym samym czasie, istnieje duże prawdopodobieństwo, że wszystkie padną ofiarą drapieżników, gdy natomiast w wyniku synchronizacji urodzin jest ich bardzo wiele, część z nich zginie, ale większość przeżyje [8].

U lwów, dzięki synchronizacji ruji u samic, monopolizacja wszystkich dostępnych w tym samym czasie samic przez jednego dominującego samca jest zazwyczaj niemożliwa. Dzięki temu także i niżej stojące w hierarchii samce mają szansę na zdobycie partnerki do rozrodu. Redukuje to współzawodnictwo pomiędzy samcami i przyczynia się do istnienia stabilności socjalnej grupy [3]. Stwierdzono również, że gdy wszystkie samice w populacji wchodzi w ruję w tym samym czasie, zjawisko to zwiększa aktywność seksualną samców [32] i ich wkład w opiekę nad potomstwem [17].

Dominujące samice mogą opóźnić lub blokować owulację, tak długo, aż pojawią się dla nich szanse znalezienia zasobów wystarczających do utrzymania ciąży i wykarmienia młodych. Również w warunkach, gdzie dojrzałe seksualnie samce są rzadkie, korzystne dla samic, ze względów energetycznych, jest zablokowanie cykli owulacyjnych i utrzymanie tego stanu aż do momentu pojawienia się odpowiednich partnerów [22]. Samice o niskiej z różnych względów randze socjalnej nie są w stanie kontrolować ograniczonych zasobów i w takiej sytuacji jest dla nich korzystne, gdy mogą dostosowywać swe cykle do cykli dominujących samic.

SYNCHRONIZACJA MENSTRUACJI U KOBIET

Badania nad synchronizacją menstruacyjną u kobiet rozpoczęły się w 1971 roku, kiedy Martha M c C l i n t o c k [20] zauważyła, że kobiety przebywające razem przez dłuższy okres synchronizują swoje cykle menstruacyjne. U studentek, które wspólnie mieszkały od początku roku akademickiego, menstruacja występowała w tym samym czasie po upływie zaledwie siedmiu miesięcy. Podobne zjawisko zauważono u kobiet przyjaźniących się ze sobą, nie dzielących wprawdzie wspólnego mieszkania, ale spędzających razem dużo czasu.

Kolejne badania, przeprowadzone przez G r a h a m a i M c G r e w [13], wykazały, że synchronizacja menstruacji u badanych kobiet nastąpiła już po czterech miesiącach. G r a h a m i M c G r e w zaobserwowali, że różnica pomiędzy datami, w których występowała menstruacja, zmniejszała się, ale jedynie pomiędzy bliskimi przyjaciółkami (często nie mieszkającymi razem). W przypadku sąsiadek dzielących wspólną łazienkę różnice pozostały nie zmienione. W związku z tym można wyciągnąć wniosek, że istotnym czynnikiem w występowaniu synchronizacji jest długość wspólnie spędzanego czasu, a nie tylko przebywanie w podobnych warunkach. Gdyby podobne środowisko było odpowiedzialne za występowanie synchronizacji menstruacji u kobiet, zjawisko to powinno wystąpić u wszystkich mieszanek domu akademickiego

lub przynajmniej u studentek mieszkających na tym samym piętrze. Tymczasem nie znaleziono nawet trendu ku synchronizacji w tej grupie kobiet.

Pomysłowy eksperyment przeprowadzony przez *Russella* [28] potwierdził fakt, że wspólne środowisko nie ma wpływu na występowanie synchronizacji menstruacyjnej. *Russell* badał jak zmienia się długość cykli menstruacyjnych u młodych kobiet, którym podano do wężania wydzielinę gruczołów potowych pochodzącą od innej kobiety. Trzy razy w tygodniu, przez okres pięciu miesięcy, nasączona alkoholem gaza z wydzieliną gruczołów potowych była podana do wężania testowanej osobie. Kobiety biorące udział w tych badaniach zostały podzielone na dwie grupy: jedne z nich otrzymywały wydzielinę z alkoholem, inne otrzymywały jedynie alkohol i służyły jako grupa kontrolna. Rolę „dawczyni” pełniła kobieta o regularnych, 28-dniowych cyklach, której już wcześniej zdarzało się wpływać na długość cykli menstruacyjnych innych kobiet. Przed rozpoczęciem eksperymentu średnia różnica pomiędzy pierwszymi dniami menstruacji „dawczyni” i kobiet poddanych działaniu wydzieliny gruczołów potowych wynosiła 9,3 dnia, a po zakończeniu eksperymentu zmniejszyła się do 3,4 dnia. W grupie kontrolnej różnica ta wynosiła odpowiednio 8,0 dni i 9,2 dnia. Badania *Russella* są nie tylko kolejnym dowodem na istnienie synchronizacji menstruacyjnej u kobiet, ale również wskazują, że istotnym czynnikiem powodującym to zjawisko są substancje zawarte w wydzielinie gruczołów potowych.

Dwie kolejne prace nad synchronizacją [15, 19] zostały wykonane przez psychologów, w związku z tym podejście do zagadnienia jest nieco odmienne. *Jarret* [15] postawiła hipotezę, że kobiety bardziej powiązane uczuciowo ze swoimi współmieszkankami, jak również te, które ogólnie nawiązują więcej kontaktów i w większym stopniu zwracają uwagę na opinię innych o sobie, będą szybciej synchronizowały swoje cykle. Twierdziła ona również, że czynniki socjalne i psychologiczne, w nie mniejszym stopniu niż biologiczne, wpływają na długość i regularność cyklu menstruacyjnego. *Jarret* nie zaobserwowała synchronizacji cykli u badanych kobiet; pojawił się jedynie nieistotny statystycznie trend ku synchronizacji. Być może wynikało to z faktu, że kobiety te (w wieku 17-22 lat, ze średnią wieku 19,2 roku) miały nieregularne i długie cykle, i spędzały więcej czasu ze swymi rodzinami, niż kobiety w innych badaniach. Z przeprowadzonych z nimi wywiadów wynikało również, że większość z nich, utrzymując wiele różnych przyjaźni, spędzała w rezultacie mniej czasu ze swoimi współmieszkankami. Były one w wyniku tego poddane działaniu kilku różnych cykli menstruacyjnych, które, jak twierdzi *Jarret*, mogły zakłócać się wzajemnie.

Wszystkie powyżej przedstawione prace wskazywały na istnienie synchronizacji cykli menstruacyjnych u studentek w wieku 17-22 lat, mieszkających w domach akademickich. Pierwsze badania, w których obiektami były starsze kobiety (22-47 lat, ze średnią wieku 32,2 roku) przeprowadziła *Mattoe* [19]. Badała ona wpływ stresu powodowanego przez pracę oraz uzależnienia

pracujących kobiet od ich współpracowniczek na długość, regularność i synchronizację cykli menstruacyjnych. Badane kobiety zostały przydzielone do pięciu różnych grup. Grupy te wyróżniono na podstawie różnego natężenia stresu i różnych wzajemnych zależności pomiędzy kobietami w miejscach pracy. Okazało się, że kobiety pracujące w miejscach określonych jako mające niski lub średni poziom stresu i wysoki poziom wzajemnego „polegania na sobie” miały zsynchronizowane cykle menstruacyjne. Cykle kobiet z miejsc pracy o wysokim poziomie stresu i niskim poziomie wzajemnych zależności nie wykazały synchronizacji.

MĘŻCZYŹNI PRZYCZYNĄ ZABURZEŃ W SYNCHRONIZACJI

U wielu gatunków zwierząt, między innymi u małp [7, 14, 26, 27, 31], wykazano, że stałe przebywanie w obecności samca zwiększa częstość występowania cykli reprodukcyjnych u samic. Ten sam typ synchronizacji hormonalnej występuje u ludzi [30]. W swojej pionierskiej pracy nad synchronizacją M c C l i n t o c k [20] nie tylko wykazała, że obecność innych kobiet wpływa na długość cyklu menstruacyjnego, ale również, że stałe przebywanie w obecności mężczyzny zwiększa częstość występowania cykli, czyli, innymi słowy, powoduje skrócenie pojedynczego cyklu. Kobiety, które przebywały w towarzystwie mężczyzn częściej niż trzy razy tygodniowo, miały krótsze cykle menstruacyjne niż te, które rzadziej spędzały czas z mężczyznami.

W późniejszych pracach [13, 25], w których również szukano związku pomiędzy wpływem przebywania w obecności mężczyzn na długość cyklu menstruacyjnego, nie zauważono żadnych istotnych zależności. Według G r a h a m a i M c G r e w [13] wynikało to z faktu, że w pracach tych czas izolacji kobiet od mężczyzn był bardzo różny. Cykle stają się dłuższe, twierdzą oni, tylko wtedy, gdy kobieta jest zupełnie pozbawiona męskiego towarzystwa. Przy braku izolacji od mężczyzn, rodzaj kontaktów i czas ich trwania nie wywierają żadnych efektów na długość cyklu menstruacyjnego. Dodatkowo M a t t e o [19] stwierdziła, że nie ma związku pomiędzy częstością stosunków seksualnych i regularnością cyklu. Pomimo to kobiety mieszkające stale ze swymi seksualnymi partnerami były mniej podatne na synchronizację niż te, które, utrzymując regularne stosunki seksualne, mieszkają samotnie. Dowodzi to, że regularne, bliskie kontakty z mężczyznami mogą zaburzać mechanizmy, które są odpowiedzialne za powstawanie synchronizacji cykli menstruacyjnych w obrębie grupy kobiet.

CZY SYNCHRONIZACJA CYKLI REPRODUKCYJNYCH MA ZNACZENIE PRZYSTOSOWAWCZE?

Dlaczego kobiety synchronizują swoje cykle menstruacyjne? Czy można mówić o ewolucyjnym znaczeniu przystosowawczym tego zjawiska obecnie lub

dla naszych przodków, kilkadziesiąt tysięcy lat temu? B u r l e y [5] wysunęła hipotezę, że synchronizacja reprodukcyjna wyewoluowała w czasach, kiedy człowiek żył w grupach poligamicznych, bowiem mogła mieć znaczenie dla mężczyzny jako sygnał, że wszystkie z jego żon są płodne w tym samym czasie. Na hipotezę B u r l e y składają się trzy zasadnicze elementy:

1) Synchronizacja menstruacyjna odzwierciedla synchronizację owulacji. Ponieważ długość lutealnej fazy cyklu menstruacyjnego pozostaje mało zmienna [2], można przyjąć poprawność takiego założenia, chociaż nigdy nie zostało ono potwierdzone empirycznie [16].

2) Mężczyźni podświadomie wyczuwają kiedy ich partnerki owulują i są w tym czasie bardziej aktywni seksualnie, niż w pozostałych dniach cyklu ich partnerek.

3) W przeszłości, kiedy kilka kobiet mieszkało razem jako żony jednego mężczyzny, zdolność mężczyzny do „wykrywania” okresu maksymalnej płodności u kobiet mogła być zaburzona przez niezgodne feromonalne informacje, pochodzące od kobiet będących w różnych fazach cyklu. Dzięki synchronizacji, niczym nie zaburzone bodźce docierają do mężczyzny, powodując u niego największe zainteresowanie kobietami w momencie, kiedy zapłodnienie jest najbardziej prawdopodobne.

Jeżeli powyższe warunki są spełnione, istnienie znaczenia przystosowawczego synchronizacji wydaje się uzasadnione. Hipoteza B u r l e y została jednak mocno skrytykowana [16]. Głównym, nie znajdującym wyjaśnienia problemem jest dlaczego kobieta nie miałaby się wyłamać z synchronizacji. Łatwo sobie bowiem wyobrazić, że taka kobieta jest w najbardziej płodnym momencie swojego cyklu atrakcyjniejsza dla mężczyzny niż pozostałe żony (będące w innej, „nieatrakcyjnej” fazie cyklu). Z drugiej strony, synchronizacja owulacyjna zmniejsza prawdopodobieństwo zajścia w ciążę dla pozostałych, owulujących w tym samym czasie żon, ponieważ, jak wynika z badań nad społeczeństwami poligamicznymi, mężczyzna utrzymuje danego dnia stosunki seksualne z jedną tylko ze swoich żon [16].

Synchronizacja reprodukcyjna u człowieka, zjawisko wciąż występujące w określonych socjalnych i środowiskowych warunkach, nie ma być może zdecydowanego znaczenia przystosowawczego. Jest prawdopodobne, że występuje ono jedynie jako ślad działalności doboru naturalnego w naszej ewolucyjnej przeszłości.

CO POZOSTAJE JESZCZE DO ZBADANIA?

Wiele problemów związanych z istnieniem synchronizacji reprodukcyjnej u kobiet pozostaje bez wyjaśnienia. Niewiele wiadomo o mechanizmach działania synchronizacji. Czy synchronizacja cykli menstruacyjnych u kobiet wynika z podobnych warunków środowiskowych w jakich żyją, czy też jest spowodowana działaniem feromonów? Wydaje się, że wspomniane powyżej

badania Russell'a rozstrzygają tę kwestię na korzyść drugiej z hipotez. Badane przez Russell'a kobiety nie mieszkały razem, nie spotykały się ze sobą i ich cykle były zsynchronizowane jedynie pod działaniem substancji znajdujących się w wydzielinie gruczołów potowych.

Regularnie powtarzające się cykle menstruacyjne niekoniecznie oznaczają występowanie regularnych ewolucji. U wielu zdrowych kobiet zdarzają się czasami cykle nieowulacyjne. Szczególnie wysoki procent takich cykli został zauważony u kobiet przed 20. rokiem życia [9]. Zaobserwowano również, że większy procent nieowulacyjnych cykli występuje u młodych kobiet mieszkających z równieśniczkami, niż u kobiet mieszkających samotnie. Spośród japońskich studentek, wynajmujących pokoje w domach akademickich, 65% miało nieowulacyjne cykle w czasie roku szkolnego. Podczas wakacji u 40% z nich cykle wracały do normy [22]. Badania przeprowadzone nad synchronizacją menstruacyjną zakładały synchronizację owulacji, nie biorąc pod uwagę zjawiska występowania cykli nieowulacyjnych, szczególnie częstych u kobiet mieszkających razem.

Nie badano również w jakim momencie cyklu zachodzi synchronizacja, tzn. która z faz cyklu zmienia swoją długość. W badaniach tego typu przydatne będą, niedawno wprowadzone, metody radioimmunologiczne, pozwalające na badanie poziomu hormonów sterydowych w ślinie. Dzięki temu, że nie wymagają one pobierania krwi, możliwe jest uzyskiwanie próbek od badanych osób nawet wiele razy w ciągu dnia.

LITERATURA

1. Altmann J., Altmann S.A., Hausfater G., McCuskey S.A. — *Life history of yellow baboons: Physical development, reproductive parameters and infant mortality*. Primates 18: 315-330, 1977.
2. Bailey J., Marshall J. — *The relationship of the postovulatory phase of menstrual cycle to total cycle length*. J. Biosoc. Sci. 2: 123-132, 1970.
3. Bertram B. C. R. — *Social factors influencing reproduction in wild lions*. J. Zool. 177: 463-482, 1975.
4. Brown R. E. — *The rodents I: Effects of odours on reproductive physiology (primer effects)*. [W:] *Social odours in mammals*. Brown R. E., MacDonald E. W. (red.), str. 245-344. Clarendon Press, Oxford, 1985.
5. Burley N. — *The evolution of concealed ovulation*. Am. Nat. 114: 835-858, 1979.
6. Christian J. J. — *Population density and fertility in mammals*. [W:] *The action of hormones: genes to population*. Foa P. (red.), str. 471-499. Appleton, New York, 1971.
7. Conaway C. H., Sade D. S. — *The seasonal spermatogenic cycle in free ranging rhesus monkeys* Folia Primat. 3: 1-12, 1965.
8. Daly M., Wilson M. — *Sex, evolution and behavior*, 2 wyd. PWS Publishers, Boston, 1983.
9. Ellison P. T., Lager C., Calfee J. — *Low profiles of salivary progesterone among college undergraduate women*. J. Adolesc. Health Care 8: 204-207, 1987.
10. Epplé G. — *The role of pheromones in the social communication of marmoset monkeys (Callitricidae)*. J. Reprod. Fertill., Suppl. 19: 447-454, 1973.

11. Fadem B. H., Fayve R. S. — *Characteristics of the oestrous cycle and the influence of social factors in grey short-tailed opossums (Monodelphis domestica)*. J. Reprod. Fertil. 73: 337-342, 1985.
12. French J. A., Stribley J. A. — *Synchronization of ovarian cycles within and between social groups in golden lion tamarins (Leontopithecus rosalia)*. Am. J. Primat. 12: 469-478, 1987.
13. Graham C. A., McGrew W. C. — *Menstrual synchrony in female undergraduates living on a coeducational campus*. Psychoneuroendocrinology 5: 245-252, 1980.
14. Harrington J. — *Olfactory communication in Lemur fulvus*. [W:] *Prosimian behavior*. Martin R. D., Doyle G. A., Walker A. C. (red.). str. 331-346. Duckworth, Gloucester Crescent, 1975.
15. Jarett L. R. — *Psychosocial and biological influences on menstruation: synchrony, cycle length, and regularity*. Psychoneuroendocrinology 9: 21-28, 1984.
16. Kiltie R. A. — *On the significance of menstrual synchrony in closely associated women*. Am. Nat. 119: 414-419, 1982.
17. Knowlton N. — *Reproductive synchrony, parental investment and the evolutionary dynamics of sexual selection*. Anim. Behav. 27: 1022-1033, 1979.
18. Little B. B., Guzik D. S., Malina R. M., Rocha Ferreira M. D. — *Environmental influences cause menstrual synchrony, not pheromones*. Am. J. Human Biol. 1: 53-57, 1989.
19. Matteo S. — *The effect of job stress and job interdependency on menstrual cycle length, regularity and synchrony*. Psychoneuroendocrinology 12: 467-476, 1987.
20. McClintock M. K. — *Menstrual synchrony and suppression*. Nature 229: 244-245, 1971.
21. McClintock M. K. — *Social control of the ovarian cycle and function of estrus synchrony*. Amer. Zool. 21: 243-256, 1981.
22. McClintock M. K. — *Synchronizing ovarian and birth cycles by female pheromones*. [W:] *Chemical signals in vertebrates 3*. Muller-Schwarze D., Silverstein R. M. (red.), str. 159-178. Plenum Press, New York, 1983.
23. McClintock M. K., Adler N. T. — *Induction of persistent oestrus by airborne chemical communication among female rats*. Horm. Behav. 11: 414-418, 1978.
24. Nagata I., Kato K., Seki K., Furuya K. — *Ovulatory disturbances. Causative factors among Japanese student nurses in a dormitory*. J. Adolesc. Health Care 7: 1-5, 1986.
25. Quadagno D. M., Shubert H. E., Deck J., Francoeur D. — *Influence of male social contacts, exercise and all-female living conditions on the menstrual cycle*. Psychoneuroendocrinology 6: 239-244, 1981.
26. Rosenblum L. — *Some aspects of female reproductive physiology in the squirrel monkey*. [W:] *The squirrel monkey*. Rosenblum L. A., Cooper R. W. (red.), Academic Press, New York, 1968.
27. Rowell T. E., Dixon A. F. — *Changes in social organization during the breeding season of wild talapoin monkeys*. J. Reprod. Fert. 43: 419-434, 1975.
28. Russel M. J. — *Human olfactory communications*. [W:] *Chemical signals in vertebrates 3*. Muller-Schwarze D., Silverstein R. M. (red.), str. 259-273. Plenum Press, New York, 1983.
29. Russel M. J., Switz G. M., Thompson K. — *Olfactory influences on the human menstrual cycle*. Pharmacol. Biochem. Behav. 13: 737-738, 1980.
30. Vandenbergh J. G. (red.) — *Pheromones and reproduction in mammals*. Academic Press, New York, 1983.
31. Vandenbergh J. G., Vessey S. — *Seasonal breeding of free ranging rhesus monkeys and related ecological factors*. J. Reprod. Fert. 15: 71, 1968.
32. Williamson N. B., Morns R. S., Blood D. C., Cannon C. M., Wright P. J. — *A study of oestrus behavior and oestrus detection methods in a large commercial dairy herd. II. Oestrus signs and behavior patterns*. Vet. Rec. 91: 58, 1971.

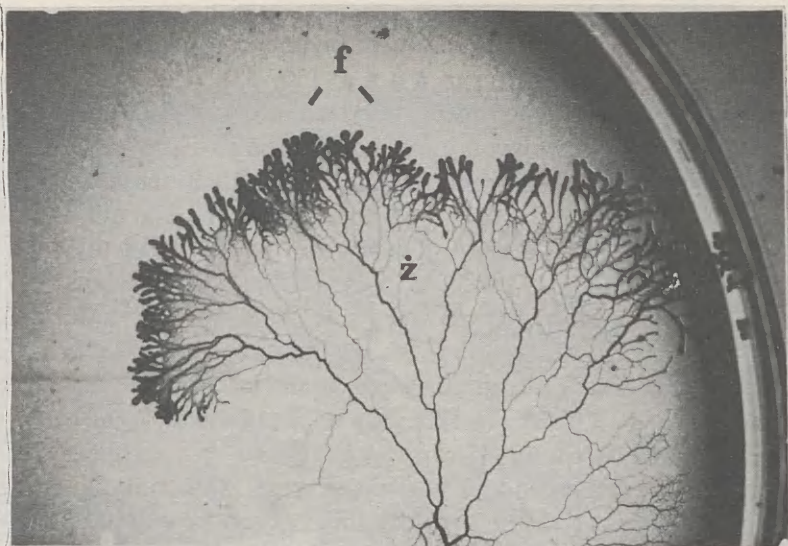
JOANNA KOŁODZIEJCZYK

Instytut Biologii Doświadczalnej
im. M. Nenckiego PAN
Warszawa

ZMODYFIKOWANE FORMY ŚLUZOWCA *PHYSARUM POLYCEPHALUM* JAKO MODELE DO BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

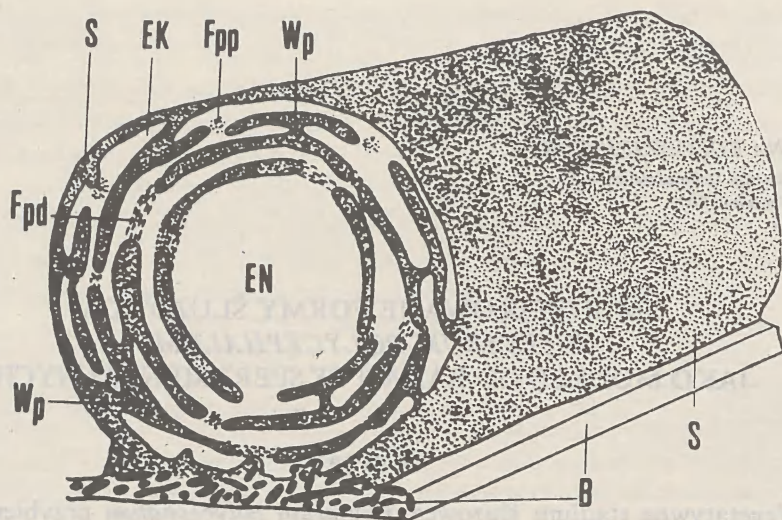
WSTĘP

Wegetatywne stadium śluzowca *Physarum polycephalum* przybiera formę komórczaka, tj. wielojądrowej masy protoplazmy, pokrytej błoną plazmatyczną i warstwą śluzu. Cały obszar plazmodium może osiągać wielkość do 1m². Plazmodium jest zróżnicowane pod względem morfologicznym na część frontalną, tj. gruby (czasem nawet ponad 1 mm), wachlarzowaty płat ciąglej



Rys. 1. Plazmodium *Physarum polycephalum* migrujące po podłożu agarowym
f — front plazmodium, ż — sieć żył. Wg fot. M. Cieślawskiej

protoplazmy, oraz sieć żył plazmodialnych (rys. 1). Żyły plazmodialne, tworzące rozgałęziony i skomplikowany system połączeń, są rurkami o ścianach zbudowanych ze żelowanej korykalnej warstwy ektoplazmatycznej. W warstwie tej znajduje się układ wpukleń plazmolemy, który stanowi granicę



Rys. 2. Schemat struktury pasma plazmoidalnego z kultury hodowanej na bibule filtracyjnej: S — warstwa śluzu, EK — ściana ektoplazmatyczna, EN — kanał endoplazmatyczny, Fpp — fibryle w przekroju poprzecznym, Fpd — fibryle w przekroju podłużnym, Wp — wpuklenia plazmolemy, B — bibuła filtracyjna (podłoże), wg [74]

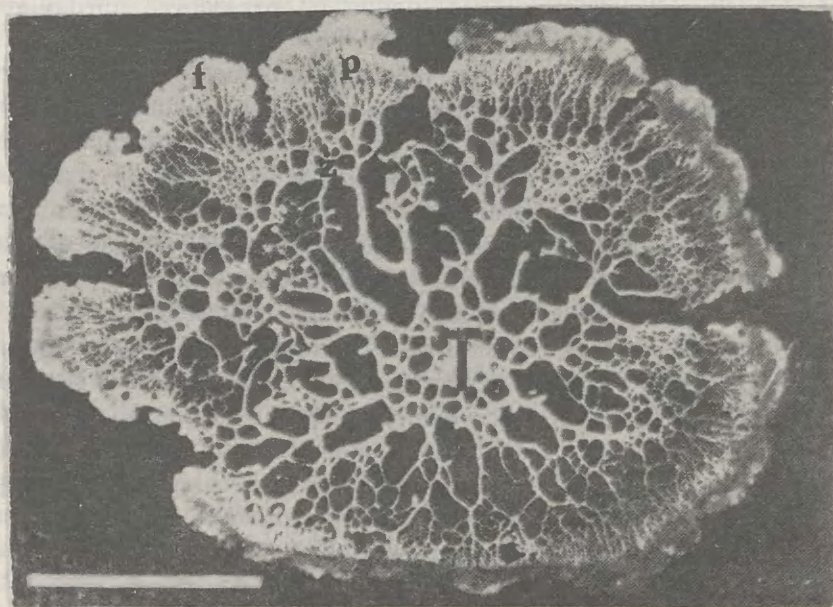
między rurką ektoplazmatyczną i rdzeniem płynnej endoplazmy, wykryty przez W o h l a f a r t h a - B o t t e r m a n n a [50, 53], (rys. 2). Na całym obszarze plazmodium, a więc we fronicie i w żyłach, odbywa się ruch protoplazmy, charakteryzujący się okresowymi zmianami kierunku i prędkości przepływu, zachodzącymi regularnie w rytmie minutowym. Ruch ten jest przykładem przepływu wahadłowego, nazwanego tak przez S e i f r i z a [44], a szczegółowo opisanego w klasycznej monografii K a m i y i [24]. Przepływ protoplazmy w śluzowcu zachodzi wskutek różnic ciśnienia hydrostatycznego między poszczególnymi obszarami plazmodium, a wywołany jest rytmicznymi skurczami ektoplazmatycznych ścian żył, co wiadomo ogólnie od dawna [24, 26], lecz było następnie dokładnie analizowane, zwłaszcza w pracowniach niemieckich [2, 3, 51] i w Polsce [14, 18, 35]. W ścianach żył znajduje się sieć aktynomiozynowych struktur kurczliwych, makro- i mikrofilamentów. Ich wzajemne przesunięcia powodują właśnie skurcze żył i wahadłowy przepływ protoplazmy, który z kolei jest bezpośrednią przyczyną ukierunkowanej migracji plazmodium po podłożu [43, 46], co wskazaliśmy również w naszej pracowni za pomocą metody fotometrycznej [15, 16, 27].

Ten tak charakterystyczny i bardzo ciekawy typ ruchu opiera się, co ważniejsze, na działaniu układu struktur kurczliwych, powszechnie występujących w komórkach zwierzęcych, a często także w roślinnych. Z tego względu plazmodium śluzowca jest obiektem szczególnie przydatnym do badania typowych mechanizmów ruchu komórkowego w eksperymentach fizjologicz-

nych, mechanochemicznych, biofizycznych i innych. Często jednak badania na nienaruszonym plazmodium śluzowca są utrudnione lub niemożliwe z powodu znacznych rozmiarów organizmu, zwłaszcza jego grubości pogarszającej warunki optyczne oraz autofluorescencji mukoproteinowej powierzchni płaszcza śluzowego. Trudności te można wykluczyć, używając do badań różnych modeli, otrzymywanych z plazmodium śluzowca. Modele plazmodialne o określonych właściwościach oferują wiele możliwości badania mechanizmów skurczu i lokomocji w komórkach niemięśniowych.

FANEROPLAZMODIA

Otrzymywane w warunkach laboratoryjnych małe faneroplazmodia, tj. trójwymiarowe plazmodia zróżnicowane na wachlarzowaty front i siatkę żył o typowej dla plazmodium budowie, są jak gdyby zmniejszoną kopią makroplazmodium śluzowca (rys. 3). W literaturze znane są one jako „sandwiched” plazmodia (czyli „kanapkowe”). Ze względu na niewielkie rozmiary (średnica 1-2 cm, grubość ok. 10 μm) faneroplazmodia stwarzają możliwość szczegółowego badania *in situ* morfologii i dynamiki całego układu kurczliwego w plazmodium oraz jego poszczególnych składników. W makroplazmodium śluzowca, migrującym po powierzchni agaru, przestrzenną organizację białek cytoskieletalnych można śledzić jedynie we fragmentach organizmu (głównie w żyłach plazmodialnych).



Rys. 3. Faneroplazmodium z *Physarum polycephalum* migrujące między dwoma warstwami agaru
f — strefa frontalna, p — płat ciągłej protoplazmy, ż — żyły plazmodialne, skala = 10 mm, wg [41]

Faneroplazmodia „sandwichowe” otrzymuje się zmodyfikowaną metodą, opracowaną przez Kamię i Kurodę [25] z niewielkich ($2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$) fragmentów, pobranych z frontu migrującego śluzowca. Fragmenty umieszcza się na szklanej powierzchni, pokrytej $0,5\text{ mm}$ warstwą 1% agaru. Po wznowieniu aktywności lokomotorycznej masa protoplazmatyczna rozpościera się na powierzchni agaru w postaci małego plazmodium [5]. Przykrywa się je błoną celofanową i drugą warstwą agaru (grubości $\pm 2\text{ mm}$) [39]. Małe faneroplazmodium w postaci cienkich płatów protoplazmatycznych migruje więc pomiędzy tymi warstwami, przeciskając się przez wąską przestrzeń między nimi. Takie warunki migracji mogą przypominać naturalne środowisko życiowe śluzowca w glebie i ściółce leśnej [39], co stanowi dodatkową zaletę tej metody.

Morfologia makroskopowa faneroplazmodium pozostaje charakterystyczna ogólnie dla wegetatywnego stadium śluzowca. Podobnie jak w makroplazmodium, w faneroplazmodium można wyróżnić strefę frontálną, środkowy płat ciągłej protoplazmy oraz ażurowy obszar żył plazmodialnych [41] (rys. 3). Również obraz przepływu protoplazmy w faneroplazmodium nie wykazuje istotnych różnic w porównaniu z plazmodium zwykłych rozmiarów migrującym na powierzchni agaru. Jedyne oscylacje kierunku przepływu są nieco wolniejsze w małych plazmodiach sandwichowych ($2,4\text{ min}$ — w porównaniu z $1,3\text{ min}$ — w makroplazmodium) [39]. Obniżona częstotliwość zmian przepływu jest prawdopodobnie skutkiem mechanicznego nacisku płatów lub (i) gorszych warunków tlenowych panujących między płatami agaru [39, 41].

Badania immunocytochemiczne faneroplazmodiów oraz ich obserwacje w mikroskopie polaryzacyjnym dają dokładny obraz rozmieszczenia warstw filamentów aktynowych związanych z błoną, znacznie bardziej klarowny niż w plazmodiach o zwykłych rozmiarach. Aktyna cytoplazmatyczna wykazuje organizację przestrzenną wyraźnie skorelowaną z morfologią makroskopową faneroplazmodium oraz z jego polaryzacją ruchową [41]. System aktynomiozynowy faneroplazmodium zawiera: 1) wieloboczną kortykalną sieć mikrofilamentów związaną z błoną obszaru frontálnego, 2) wieloboczną sieć fibryl w środkowym rejonie plazmodium oraz 3) spiralny układ fibryl, otaczających żyły plazmodialne w tylnym obszarze [23, 39, 40, 42]. Te układy fibrylarne są w faneroplazmodium znacznie czytelniejsze, ale nie różnią się pod względem morfologicznym i funkcjonalnym od ich analogicznych postaci w makroplazmodium [38, 39]. Wykazano wzajemne zależności morfologiczne i fizjologiczne między układem aktynomiozynowym faneroplazmodium a wytwarzaniem siły napędowej dla przepływu protoplazmy [38]. Poznanie cytoarchitektury całego układu elementów kurczliwych w faneroplazmodium *in situ* oraz ustalenie związku tego układu z tworzeniem siły napędowej przepływu umożliwia z kolei zbadanie roli, jaką ten układ odgrywa w lokomocji plazmodium śluzowca [41].

MIKROPLAZMODIA

Plazmodia *Physarum polycephalum* przebywające w kulturze aksenicznej, tj. w sterylnej płynnej pożywce o częściowo określonym składzie i temperaturze, stale napowietrzanej i wytrząsanej, adaptują się do stanu unoszenia się w płynie hodowlanym, tworząc małe fragmenty protoplazmatyczne, zwane mikroplazmodiami [9]. Mikroplazmodia mają różne wymiary, kształty, organizację wewnętrzną i aktywność przepływu protoplazmy. Mimo dużego zróżnicowania form, mikroplazmodia posiadają szereg zalet, dzięki którym są doskonałym obiektem wykorzystywanym w eksperymentach *in vivo*, jak też *in vitro*, z użyciem mikroskopu świetlnego; jak również elektronowego.

Rodzaj tworzących się w kulturze mikroplazmodiów zależy od warunków hodowli wytrząsanej. Najczęściej pojawiają się mikroplazmodia, które za **S t o c k e m e m** i wsp. [10] podzielimy na 3 grupy, w zależności od ich struktury i aktywności przepływu protoplazmy.

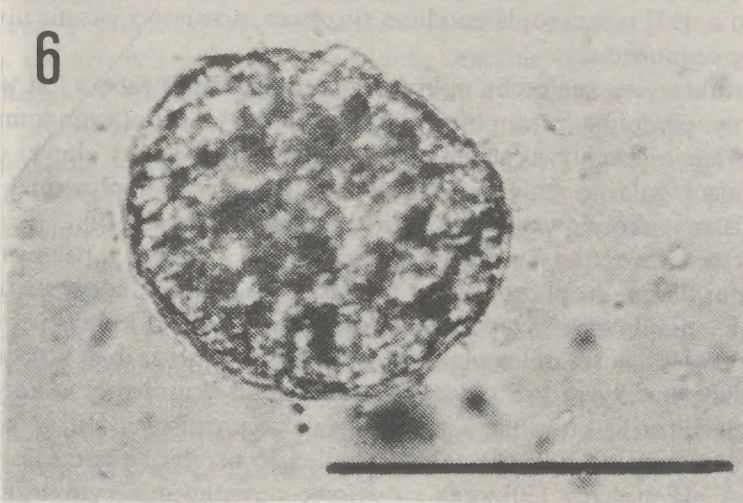
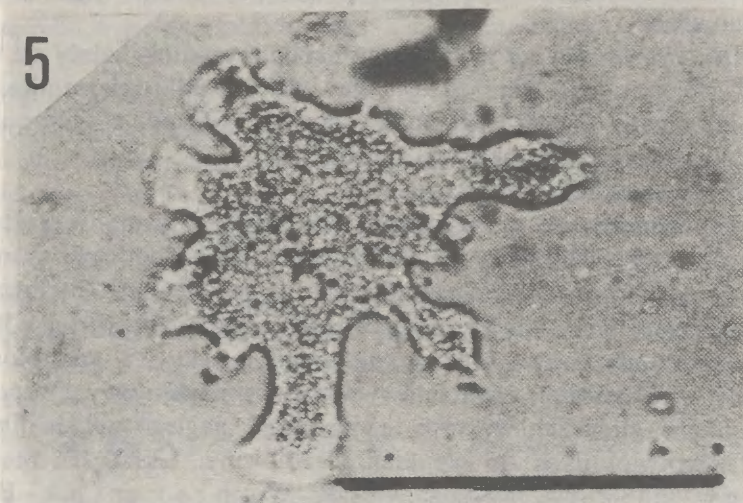
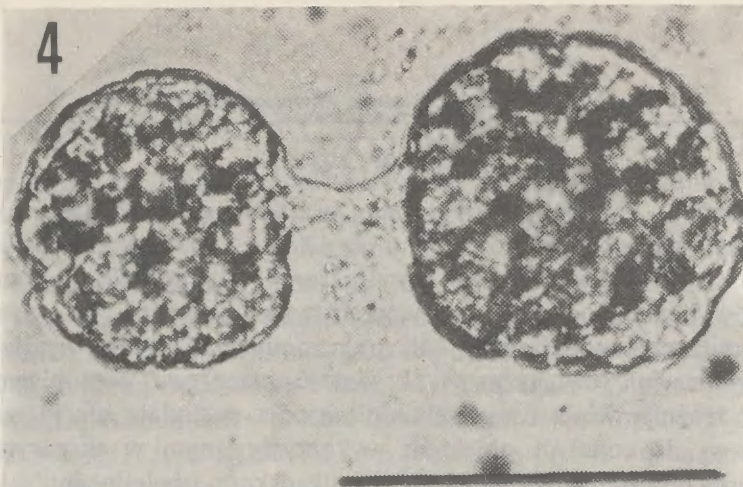
1. Mikroplazmodia symetryczne

Mikroplazmodia te są najczęściej występującą formą w kulturach wytrząsanych z częstotliwością nie wyższą od 60/min. Najbardziej interesującą w tej grupie formą są mikroplazmodia hantlowate (rys. 4). Zbudowane są one z dwóch sferycznych główek, połączonych cylindryczną rurką. Obie główki zawierają rozbudowany system wpukleń plazmolemy, a pod błoną dobrze widoczny w mikroskopie elektronowym korteks filamentowy. Oprócz warstwy korykalnej w główkach wykryto też obecność ciągłego układu fibryl kurczliwych, zakotwiczonych do wpukleń plazmolemy. Układ ten ma taki sam przebieg w cytoplazmie, jak opisany przez **W o h l a f a r t h a - B o t t e r m a n n a** [51] w makroplazmodium śluzowca, pomimo znacznie uproszczonej budowy organizmu.

Charakterystyczną cechą mikroplazmodium hantlowatego jest wahadłowy, regularny przepływ protoplazmy, typowy dla makroplazmodium. Podczas oscylacyjnego przepływu strumienia protoplazmy z jednej główki do drugiej, występują regularne zmiany ich kształtu, związane z napływem i odpływem protoplazmy, skorelowane więc z kierunkiem przepływu [10].

Mikroplazmodium hantlowate łączy prostą budowę z pewnymi cechami typowymi dla makroplazmodium, tj. rozbudowanym układem struktur kurczliwych i wahadłowym przepływem protoplazmy. Dzięki korzystnemu połączeniu tych właściwości mikroplazmodia hantlowate mogą być wykorzystywane do analizy przepływu protoplazmy i aktywności skurczowej w korelacji z organizacją ultrastrukturalnego układu białek kurczliwych [10]. Na tym typie mikroplazmodiów udało się także prześledzić przebieg tworzenia się układu wpukleń plazmolemy [50] oraz stopniowe powstawanie cytoplazmatycznych fibryl aktynomiozynowych [47].

2. Mikroplazmodia amebowate



Rys. 4. Mikroplazmodium hantlowate

Rys. 5. Mikroplazmodium amebowate

Rys. 6. Mikroplazmodium sferyczne, skala = 100 μm , (wg [10])

Mikroplazmodia tego typu występują w kulturach wytrząsanych przy niskiej częstotliwości wibracji (poniżej 60/min), obok mikroplazmodiów hantlowatych. Charakteryzują się nieregularnym kształtem, osiągają 50-100 μm średnicy (rys. 5). W mikroplazmodiach amebowatych sporadycznie występują wpuklenia plazmalemy, a jednocześnie stwierdzono w nich obecność ciąglej warstwy cienkich filamentów aktynowych [3] związanych z błoną. Przepływ protoplazmy wykazuje nieregularny przebieg, powodując stałe zmiany kształtu komórki, fałdowanie i wygładzanie błony komórkowej i ograniczoną aktywność lokomotoryczną. Mikroplazmodia amebowate wykazują uderzające podobieństwo do *Amoeba proteus*, dotyczące podstawowej organizacji strukturalnej i aktywności ruchowej [8, 10]. Z tego względu mogą być wykorzystywane jako materiał porównawczy w eksperymentach prowadzonych równolegle na amebach. Wykazano, że fałdowanie błony mikroplazmodium jest skorelowane z odpływem protoplazmy z tych obszarów, które są odpowiednikiem uroidu ameby. Z drugiej strony, wygładzanie błony występuje w rejonach przepływu protoplazmy, porównywalnych z pseudopodiami ameb. Zarówno u *Amoeba proteus*, jak i w mikroplazmodiach amebowatych, fałdowanie błony i przepływ protoplazmy jest wynikiem aktywności skurczowej filamentów aktynomiozynowych leżących pod nią [10].

3. Mikroplazmodia sferyczne i pałeczkowate

Występują najczęściej w kulturze wytrząsanej z częstotliwością 150/min. Mikroplazmodia sferyczne osiągają średnicę 50-150 μm , a pałeczkowate średnicę 10 μm przy 50 μm długości (rys. 6). W większych mikroplazmodiach z tej grupy odnotowano ograniczony przepływ protoplazmy, natomiast w mniejszych — poniżej średnicy 100 μm nie stwierdza się przepływu, chociaż różne obszary plazmodium podlegają okresowo zsynchronizowanym skurczom i rozkurczom, połączonym ze zmianami ich obszaru. Takie właśnie mikroplazmodia znalazły zastosowanie w badaniach przesunięcia fazowego między oscylacjami poziomu jonów wapnia w cytoplazmie i cyklem skurczowo-rozkurczowym [33]. Badania te wykazały, że stężenie wolnych jonów Ca^{++} w mikroplazmodium zmienia się wraz z fazą cyklu, utrzymując się na wysokim poziomie w fazie skurczu i obniżając się podczas rozkurczu. Wyniki te sugerują, że wzrost poziomu jonów wapnia indukuje skurcz struktur aktynomiozynowych, podobnie jak to występuje w makroplazmodiach *Physarum*.

Wszystkie mikroplazmodia są interesującymi modelami komórkowymi do badania ogólnych aspektów morfogenezy śluzowca. W trakcie ich rozwoju zachodzą takie same procesy różnicujące, jak w makroplazmodium.

Bardzo charakterystycznym zjawiskiem morfogenetycznym, zarówno w mikroplazmodiach [20], jak i w makroplazmodiach *Physarum polycephalum* [2], jest tworzenie rozgałęzionego systemu wpukleń plazmalemy. Dzięki prostej budowie i małym rozmiarom mikroplazmodiów można śledzić w nich kolejne etapy rozwoju układu wpukleń równolegle ze zmianami w przestrzennej organizacji układu mikrofilamentów. Model ten umożliwia więc badanie

korelacji między morfologią błony komórkowej, organizacją mikrofilamentów i aktywnością ruchową organizmu [6]. Stwierdzono, że trwałe kontakty między wpukleniami błony i układem mikrofilamentów jest ważnym warunkiem przekształcania aktywności skurczowej układu aktynomiozynowego w siłę umożliwiającą powstanie zwiększonego ciśnienia hydrostatycznego protoplazmy, co z kolei warunkuje przepływ protoplazmy i w konsekwencji aktywność ruchową mikroplazmodium.

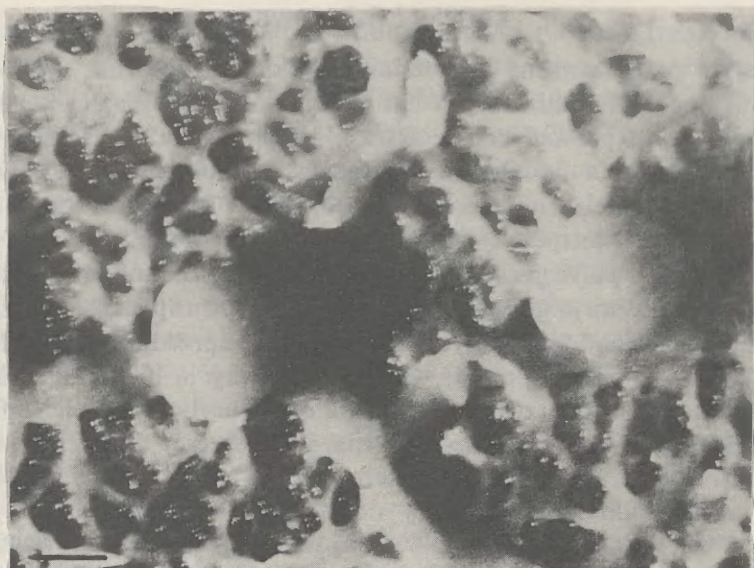
Eksperymenty przeprowadzone na wszystkich rodzajach mikroplazmodiów pozwoliły stwierdzić, że stopień zróżnicowania ich powierzchni ogólnie zależy od wielkości i wieku. Tak więc w najmniejszych mikroplazmodiach – sferycznych (50-100 μm) nie wykazano obecności wpukleń plazmolemy. Układ wpukleń rozwija się stopniowo wraz ze wzrostem wielkości mikroplazmodium, aby osiągnąć najsilniejszy stopień rozwoju w mikroplazmodiach hantlowatych o wymiarach 300-1000 μm [6].

Mikroplazmodia wykorzystywano też jako materiał do badań aktywności endocytotycznej, a zwłaszcza roli wpukleń plazmolemy jako układu transportującego w procesach endo- i egzocytozy. Stwierdzono, że wewnątrzkomórkowy układ trawienny w mikroplazmodiach nie różni się w zasadniczy sposób od układu wakuolarnego innych komórek [56].

KROPLE ENDOPLAZMATYCZNE

Krople cytoplazmy izolowane z różnych rodzajów komórek zwierzęcych i roślinnych używane są od dawna [24] do badania zjawisk ruchowych w warunkach korzystniejszych dla tradycyjnej mikroskopii świetlnej niż panujące w nienaruszonej komórce.

Z plazmodium śluzowca w prosty sposób można otrzymać krople endoplazmatyczne, które są doskonałymi modelami w eksperymentach morfogenetycznych. Krople endoplazmy uzyskane eksperymentalnie nie są całkowicie „sztucznymi” tworem, gdyż mogą pojawiać się także spontanicznie w hodowlach *Physarum* prowadzonych metodą C a m p a [7]. Eksperymentalnie otrzymujemy je metodą W o h l f a r t h a - B o t t e r m a n n a, nakłuwając żyły migrującego po podłożu plazmodium szklaną igłą [48, 49]. Wskutek panującego w żył ciśnienia wypływa z niej protoplazma, formując na powierzchni żyły kroplę [22]. Krople takie osiągają średnicę 300-2000 μm , pokryte są cienką warstwą śluzu, nie utrudniającą obserwacji mikroskopowych (rys. 7) [49]. W odpowiednich warunkach wyizolowane z żył krople endoplazmy rozwijają się w nowe, małe plazmodia. Przekształcenia nie zróżnicowanej endoplazmy w migrujące plazmodium związane są z szeregiem procesów cytomorfogenetycznych, zachodzących podczas kolejnych etapów rozwoju modelu. Śledzenie rozwoju kropli endoplazmatycznej w plazmodium pozwala poznać istotne procesy, jak formowanie plazmolemy *de novo*, kolejne etapy fibrylogenezy aktynomiozyny i tworzenie układu wpukleń plazmolemy. W pier-



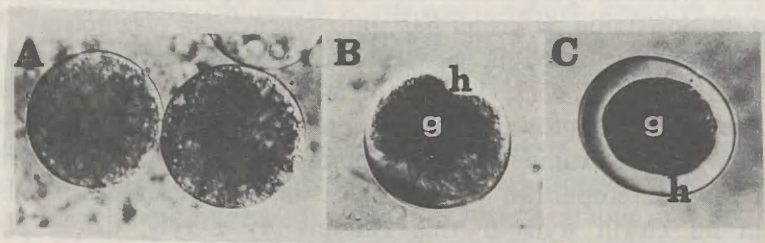
Rys. 7. Krople endoplazmatyczne na żyłach *Physarum polycephalum*, skala = 1 mm, (wg [22])

wszych sekundach po wypłynięciu z żyły kropla nie jest otoczona plazmolemą [55], a homogeniczna cytoplazma charakteryzuje się niską lepkością. W ciągu 7 sekund od powstania, w kropli następuje regeneracja plazmolemy. W świeżo powstałej kropli znajdują się śladowe ilości F-aktyny oraz nieliczne, krótkie filamenty [37, 55]. Liczba filamentów i ich długość stopniowo wzrasta, aby w 10-minutowej kropli osiągnąć ostateczne rozmiary i największy stopień zróżnicowania fibryl aktynomiozynowych [55]. W tym czasie zachodzi również stopniowe wytwarzanie wpukleń plazmolemy. W okresie 10-20 min od chwili wyizolowania endoplazmy z żyły, dzięki powstaniu układu fibryl i regeneracji wpukleń plazmolemy, kropla zdolna jest do odtworzenia rytmicznej aktywności skurczowej, a w późniejszym czasie (20-200 min) — do przybrania postaci małego plazmodium i do ukierunkowanej lokomocji [11, 22, 37, 50, 52, 54].

Określona kolejność występowania procesów różnicujących, ściśle związana z wiekiem kropli, umożliwia dokładne zdefiniowanie wieku modelu. Krople są więc unikatowym modelem do badania tworzenia plazmolemy *de novo* [55] i jej zróżnicowania podczas powstawania układu wpukleń [48, 50]. Następnie możemy śledzić od początku powstawanie aparatu skurczowego oraz regenerację jego funkcji [22, 47, 49] aż do pojawienia się regularnej wewnętrznej oscylacyjnej aktywności skurczowej, charakterystycznej dla migrującego plazmodium [4, 22, 54]. Krople endoplazmatyczne służą też jako materiał wyjściowy do otrzymania innego modelu z *Physarum polycephalum*, opisanego w następnym rozdziale.

KROPLE KOFEINOWE

Wszystkie przedstawione poprzednio stadia plazmodialne są zdolne do ruchu. Ruchliwość organizmu jest zaś czynnikiem utrudniającym lub wręcz uniemożliwiającym prowadzenie niektórych eksperymentów. Dlatego często dążymy do otrzymania modelu, który utraciłby zdolność przemieszczania się, zachował jednak wiele funkcji ruchowych, które normalnie prowadzą do lokomocji. Warunki te spełniają tzw. krople kofeinowe, otrzymywane z plazmodium *Physarum polycephalum*. W tym celu żyły plazmodium migrującego po podłożu nakłuwamy igłą. Wypływająca z żyły protoplazma tworzy na jej powierzchni kroplę endoplazmatyczną, opisaną w poprzednim rozdziale. Według Baranowskiego [4] w ciągu pierwszych 10-15 min od chwili nakłucia zachodzi wytworzenie *de novo* układu fibryl, co z kolei umożliwia odbudowanie aktywności skurczowej, charakterystycznej dla nienaruszonego plazmodium [4, 12, 22, 55]. Jeśli interesuje nas otrzymanie nieruchomego stadium plazmodialnego, nie należy dopuścić do odtworzenia aktywności lokomotorycznej. W tym celu kroplę endoplazmatyczną, zdjętą z powierzchni żyły, zanurzamy w 5-10 mM roztworze kofeiny. Po 10-20 min inkubacji powstają liczne sferyczne fragmenty protoplazmatyczne, które wykrył Hattano [19], a nazwał je niezbyt zręcznie kroplami kofeinowymi. Osiągają one średnicę 50-300 μm , otoczone są błoną. W roztworze pojawiają się zwykle 3 rodzaje kropli: rozkurczowe, aktywne i skurczowe [1, 28, 30, 36] (rys. 8).



Rys. 8. Trzy formy plazmodialnych kropli protoplazmatycznych otrzymanych poprzez inkubację dużych kropli endoplazmatycznych w 5 mM roztworze kofeiny

A — krople rozkurczowe, B — kropla aktywna, C — kropla skurczowa, g — granuloplazma, h — hialoplazma, (wg [28])

Wnętrze kropli rozkurczowej wypełnione jest równomiernie granularną, nieruchomą cytoplazmą (rys. 8A). Krople aktywne charakteryzują się centralnym położeniem granularnej cytoplazmy i jej regularnym spontanicznym ruchem. Następuje ciągła wymiana materiału między granuloplazmą i otaczającą ją przezroczystą hialoplazmą (rys. 8B). W kroplach skurczowych cytoplazma także jest podzielona na granuloplazmatyczne centrum, otoczone jednorodną hialoplazmą (rys. 8C). W takiej kropli nie zachodzi jednak wewnętrzna cyrkulacja granul, a granica pomiędzy granuloplazmą i hialoplazmą jest wyraźna i stabilna [28, 30, 36].

Krople kofeinowe mają ograniczone zdolności ruchowe (brak lokomocji), choć jednocześnie granularna protoplazma w ich wnętrzu może wykonywać rytmiczne lub ciągłe ruchy [32, 34]. Niezdolność do lokomocji spowodowana jest charakterystycznym działaniem kofeiny, która o 20-30 min opóźnia rozwój wpukleń plazmolemy, a wiemy, że istnienie układu wpukleń w błonie jest czynnikiem warunkującym migrację [1, 19, 29, 31].

Z drugiej strony kofeina nie hamuje fibrylogenezy i nie zatrzymuje aktywności skurczowej kropli, oddziałując jedynie na funkcjonalne współzależności między plazmolemą i połączonym z nią układem elementów kurczliwych [1]. Tak specyficzne działanie kofeiny umożliwia uzyskanie modelu eksperymentalnego o pożądanym cechach, nieruchomego, ale z normalnie przebiegającym rytmicznym ruchem wewnątrzkomórkowym.

Warto zaznaczyć, że działanie kofeiny ma charakter odwracalny, nie powoduje trwałej utraty aktywności ruchowej. Po przeniesieniu kropli kofeinowej do roztworu fizjologicznego wolnego od kofeiny, po ok 20 godz przekształca się ona w plazmodium, wykazujące normalną aktywność lokomotoryczną [1, 31].

Krople kofeinowe otrzymane z protoplazmatycznych kropli *Physarum polycephalum* używane są jako doskonały model do badania tworzenia i kontroli aktywności skurczowej i przepływu cytoplazmy oraz przestrzennej organizacji i dynamiki układu mikrofilamentów [29, 30]. Krople są też wygodnym obiektem do analizy fizjologicznych i morfologicznych zmian, zachodzących w błonie pod wpływem różnych czynników, np. jonów Ca^{++} i temperatury [31, 34].

Krople skurczowe, o wyraźnie zaznaczonym podziale wewnętrznym na granuloplazmę i hialoplazmę, okazały się m.in. doskonałym modelem w naszych badaniach [28] nad dynamiką połączeń między plazmolemą i warstwą kurczliwych filamentów podbłonowych, które się od niej cyklicznie odrywają, podobnie jak w tzw. hialosferach i w strefach frontalnych migrujących ameb [13, 17]. W takich kroplach udało się też zaobserwować (po raz pierwszy u *Physarum polycephalum*) różne formy pinocytozy [28].

Również za pomocą adeniny i adenozyiny można otrzymać z *Physarum polycephalum* krople o podobnych właściwościach, jak opisane tu krople kofeinowe [36].

Przedstawione tu pokrótce niektóre modele, otrzymywane z plazmodium *Physarum polycephalum*, stwarzają wiele nowych możliwości badawczych. Umożliwiają one prowadzenie badań eksperymentalnych i obserwacji trudnych lub niemożliwych do wykonania na nienaruszonym plazmodium śluzowca. Dzięki korzystnemu połączeniu pożądanym cech, modele plazmodialne są często znakomitym materiałem do badania podstaw ruchu komórkowego, a szczególnie fizjologii skurczu cytoplazmatycznej aktynomiozyiny.

LITERATURA

1. Achenbach F., Achenbach U., Wohlfarth-Bottermann K. E. — *Plasmalemma invaginations, contraction and locomotion in normal and caffeine-treated protoplasmic drops of Physarum*. Eur. J. Cell Biol. 20: 12-23, 1979.
2. Achenbach U., Wohlfarth-Bottermann K. E. — *Synchronization and signal transmission in protoplasmic strands of Physarum*. Planta 151: 584-594, 1981.
3. Allera A., Beck R., Wohlfarth-Bottermann K. E. — *Weitreichende fibrillare Protoplasmadifferenzierungen und ihre Bedeutung für die Protoplasmaströmung. VIII. Identifizierung der Plasmafilamente von Physarum polycephalum als F-actin durch anlagerung von heavy meromiosin in situ*. Cytobiologie 4: 437-449, 1971.
4. Baranowski Z. — *Kinetics of the regeneration of rhythmic contraction activity in Physarum polycephalum drops*. Acta Protozool. 19: 67-76, 1980.
5. Beylina S. I., Budnitsky A. A., Layrand D. B., Matveeva N. B., Teplov V. A. — *Kinematics of spreading and migration of Physarum polycephalum plasmodium*. Acta Protozool. (in press).
6. Brix K., Kukulies J., Stockem W. — *Studies on microplasmodia of Physarum polycephalum. V. Correlation of cell surface, morphology, microfilament organization and motile activity*. Protoplasma 137: 156-167, 1987.
7. Camp W. C. — *A method of cultivating myxomycete plasmodia*. Bull. Torrey Bot. Club 63: 205-210, 1936.
8. Czarska L., Grębecki A. — *Membrane folding and plasmamembrane ratio in the movement and shape transformation in Amoeba proteus*. Acta Protozool. 4: 201-240, 1966.
9. Daniel J. W., Rusch H. P. — *The pure culture of Physarum on a partially defined soluble medium*. J. Gen. Microbiol. 25, 47-59, 1961.
10. Gawlitta W., Wolf K. W., Hoffmann H. U., Stockem W. — *Studies on microplasmodia of Physarum polycephalum. I. Classification and locomotion behavior*. Cell Tissue Res. 209, 71-86, 1980.
11. Gotz von Olenhusen K., Jucker H., Wohlfarth-Bottermann K. E. — *Induction of a plasmodial stage of Physarum without plasmalemma invaginations*. Cell Tiss. Res. 197, 463-477, 1979.
12. Gotz von Olenhusen K., Wohlfarth-Bottermann K. E. — *Effect of caffeine and D₂O on persistence and de novo generation of intrinsic oscillatory contraction automaticity in Physarum*. Cell Tiss. Res. 197, 479-499, 1979.
13. Grębecki A. — *Dynamics of the contractile system in the pseudopodial tips of normal locomoting amoebae, demonstrated in vivo by video-enhancement*. Protoplasma, in press, 1990.
14. Grębecki A., Cieślawska M. — *Dynamics of the ectoplasmic walls during pulsation of plasmodial veins of Physarum polycephalum*. Protoplasma 97, 365-371, 1978.
15. Grębecki A., Cieślawska M. — *Plasmodium of Physarum polycephalum as a synchronous contractile system*. Cytobiologie, Eur. J. Cell Biol. 17, 335-342, 1978.
16. Grębecki A., Kołodziejczyk J. — *Contraction and streaming relations recorded simultaneously at two points along the plasmodial veins and frontal channels of Physarum polycephalum*. Acta Protozool. 22, 1-18, 1983.
17. Grębecki A., Kwiatkowska E. M. — *Dynamics of membrane-cortex contacts demonstrated in vivo in Amoeba proteus pretreated by heat*. Eur. J. Protistology 23, 262-272, 1988.
18. Grębecki A., Moczoń M. — *Correlation of contractile activity and of streaming direction between branching veins of Physarum polycephalum plasmodium*. Protoplasma 97, 153-164, 1978.
19. Hatano S., Oosawa F. — *Movement of cytoplasm in plasmodial fragments obtained by caffeine treatment. I. Its Ca⁺⁺ sensitivity*. J. Physiol. Soc. Jpn. 33, 589-590, 1971.

20. Hoffman H. U., Wolf K. V., Gawlitta W., Stockem W. — *Studies on microplasmidia of Physarum polycephalum: Morphology and function of the cell membrane invagination system*. Microsc. Acta 85, 59-67.
21. Hülsmann N., Wohlfarth-Bottermann K. E. — *Spatio-temporal relationships between protoplasmic streaming and contraction activities in plasmodial veins of Physarum polycephalum*. Cytobiologie 17, 317-334, 1978 b.
22. Isenberg G., Wohlfarth-Bottermann K. E. — *Transformation of cytoplasmic actin: Importance for the organization of the contractile gel reticulum and the contraction-relaxation cycle of cytoplasmic actomyosin*. Cell Tiss. Res. 173, 495-528, 1976.
23. Ishigami N., Nagai R., Kuroda K. — *A polarized light and electron microscopic study of birefringent fibrils in Physarum plasmodia*. Protoplasma 109, 91-102, 1981.
24. Kamiya N. — *Protoplasmic streaming*. Protoplasmatologia VIII 3a, Springer-Verlag, Wien, 1-199, 1959.
25. Kamiya N., Kuroda K. — *Movement of the myxomycete plasmodium. I. A study of glycerinated models*. Proc. Japan. Acad. 41, 837-841, 1965.
26. Kamiya N., Nakajima H., Abe S. — *Physiology of the motive force of protoplasmic streaming*. Protoplasma 48, 94-112, 1957.
27. Kołodziejczyk J., Grębecki A. — *Further studies on the relation between contraction and streaming oscillations in the plasmodial veins of Physarum polycephalum*. Acta Protozool. 21, 43-59, 1982.
28. Kołodziejczyk J., Grębecki A. — *Dynamics of the submembrane contractile system in caffeine-derived protoplasmic droplets of Physarum polycephalum*. Acta Protozool. 28, 1-10, 1989.
29. Kukulies J., Stockem W. — *Function of the microfilament system in living cell fragments of Physarum polycephalum as revealed by microinjection of fluorescent analogs*. Cell Tissue Res. 242, 323-332, 1985.
30. Kukulies J., Stockem W., Achenbach F. — *Distribution and dynamics of fluorochromed actin in living stages of Physarum polycephalum*. Eur. J. Cell Biol. 35, 235-245, 1984.
31. Kukulies J., Stockem W., Wohlfarth-Bottermann K. E. — *Caffeine-induced surface blebbing and budding in the acellular slime mold Physarum polycephalum*. Z. Naturforsch. 38 c, 589-599, 1983.
32. Kuroda K. — *Movement of cytoplasm in a membrane-free system*. [W:] Cell Motility, Molecules and organization (red. Hatano S., Ishikawa H., Sato H.), University of Tokyo Press, Tokyo, 347-361, 1979.
33. Kuroda R., Hatano S., Hiramoto Y., Kuroda H. — *Change of cytosolic Ca-ion concentration in the contraction and relaxation cycle of Physarum microplasmidia*. Protoplasma, suppl. 1, by Springer-Verlag, 72-80, 1988.
34. Matthews L. — *Ca⁺⁺ regulation in caffeine-derived microplasmodium of Physarum polycephalum*. J. Cell Biol. 72, 502-505, 1977.
35. Moczoń M., Grębecki A. — *Time relationships between the longitudinal and radial contraction in plasmodial veins of Physarum polycephalum*. Acta Protozool. 17, 543-550, 1978.
36. Nachmias V., Meyers C. — *Cytoplasmic droplets produced by the effect of adenine on Physarum plasmodia*. Exp. Cell Res. 128, 121-126, 1980.
37. Nagai R., Kato I. — *Cytoplasmic filaments and their assembly into bundles in Physarum plasmodium*. Protoplasma 86, 141-158, 1975.
38. Naib-Majani W., Achenbach F., Weber K., Wohlfarth-Bottermann K. E., Stockem W. — *Immunocytochemistry of the acellular slime mold Physarum polycephalum. IV. Differentiation and dynamics of the polygonal actomyosin system*. Differentiation 26, 11-22, 1984.

39. Naib-Majani W., Osborn M., Weber K., Wohlfarth-Bottermann K.E., Hinssen H., Stockem W. — *Immunocytochemistry of the acellular slime mold Physarum polycephalum. I. Preparation, morphology and reliability of results concerning cytoplasmic actomyosin patterns in sandwiched plasmodia*. J. Cell Sci. 60, 13-28, 1983.
40. Naib-Majani W., Stockem W., Weber K., Wehland J., Wohlfarth-Bottermann K.E. — *Cytoplasmic actin patterns in Physarum as revealed by NBD-phalloidin staining*. Cell Biol. Internat. Rep. 7, 637-641, 1983.
41. Naib-Majani W., Stockem W., Wohlfarth-Bottermann K.E. — *Immunocytochemistry of the acellular slime mold Physarum polycephalum. II. Spatial organization of cytoplasmic actin*. Eur. J. Cell Biol. 28, 103-115, 1982.
42. Ogiwara S., Kuroda K. — *Identification of a birefringent structure which appears and disappears in accordance with the shuttle streaming in Physarum plasmodia*. Protoplasma 100, 167-177, 1979.
43. Rhea R.P. — *Microcinematographic, electron microscopic and electrophysiological studies on shuttle streaming in the slime mold Physarum polycephalum*. [W:] Dynamics of fluids and plasmas (S.I. Pai in. red.), Acad. Press, New York. 35-58, 1966.
44. Seifriz W. — *Protoplasmic streaming*. Bot. Rev. 9, 49-123, 1943.
45. Stewart P.A., Stewart B.T. — *Protoplasmic movement in slime mold plasmodia: The diffusion-drug force hypothesis*. Exp. Cell Res. 17, 44-58, 1959.
46. Usui N. — *Fibrillar differentiation in a macroplasmodium of the slime mold Physarum polycephalum*. Dev. Growth Differ. 13, 241-255, 1971.
47. Wohlfarth-Bottermann K.E. — *Weitreichende, fibrillare Protoplasmadifferenzierungen und ihre Bedeutung für die Protoplasmastromung*. Protoplasma 54, 514-539, 1962.
48. Wohlfarth-Bottermann K.E. — *Weitreichende, fibrillare Protoplasmadifferenzierungen und ihre Bedeutung für die Protoplasmastromung. II. Lichtmikroskopische Darstellung*. Protoplasma 57, 747-761, 1963.
49. Wohlfarth-Bottermann K.E. — *Differentiations of the ground cytoplasm and their significance for the generation of the motive force of amoeboid movement*. [W:] Primitive Motile Systems in Cell Biology (R.D. Allen, Kamiya N., red.), New York, Academic Press, 79-109, 1964.
50. Wohlfarth-Bottermann K.E. — *Plasmalemma invaginations as characteristic constituents of plasmodia of Physarum polycephalum*. J. Cell Sci. 16, 23-37, 1974.
51. Wohlfarth-Bottermann K.E. — *Weitreichende fibrillare Protoplasmadifferenzierungen und ihre Bedeutung für die Protoplasmastromung. X. Die Anordnung der actomyosin-fibrillen in Experimentallunbeeinflussten Protoplasmaadern von Physarum in situ*. Protistologica 11, 19-30, 1975 b.

JOLANTA ZAGRODZKA

Instytut Biologii Doświadczalnej
im. M. Nenckiego PAN
Warszawa

ZACHOWANIE ŁOWCZE I AGRESJA U KOTÓW – ANALIZA MECHANIZMÓW OŚRODKOWYCH

WSTĘP

Agresja, tak często występująca w naszym życiu i z pozoru łatwo dająca się wyróżnić spośród innych form zachowania, jest zjawiskiem bardzo złożonym i nie poddającym się jednoznacznej definicji. Popularna, encyklopedyczna definicja, określająca agresję jako zachowanie destruktywne zmierzające do dostarczenia szkodliwych lub uszkadzających bodźców (fizycznie, werbalnie czy symbolicznie) innemu organizmowi, ma znikomą wartość denotacyjną. Poza innymi ograniczeniami, dotyczy ona tylko natychmiastowych konsekwencji aktu agresji. Z ewolucyjnego punktu widzenia zachowanie agresywne służy utrzymaniu gatunku, jest zatem również konstruktywne i ma walor adaptacyjny. U jego podstaw leżą różne motywacje i może się ono manifestować na wiele sposobów, stąd terminem „agresja” określa się szereg zjawisk od asertywności (pewności siebie) do oczywistego gwałtu.

Agresja jest przedmiotem badań wielu dyscyplin naukowych. Psychologia i socjologia postrzegają ją jako rezultat rozwoju społecznego i interakcji uwarunkowanych kulturowo, uczenia się, wykonywania określonych ról społecznych, frustracji, naśladownictwa itp. Nauki przyrodnicze traktują agresję jako fenotyp i poszukują odpowiedzi zarówno na pytania o genetyczne, endokrynologiczne, neuronalne i biochemiczne podłoże, jak i o środowiskowe determinanty tego zachowania.

AGRESJA AFEKTYWNA I ŁOWCZA W BADANIACH Z UŻYCIEM STYMULACJI MÓZGU

Dzięki badaniom na zwierzętach, przede wszystkim kotach i szczurach, została zgromadzona bardzo bogata wiedza na temat behawioralnej ekspresji oraz neurofizjologicznych i neurochemicznych mechanizmów zachowań agresywnych. Najczęściej używane modele zwierzęce dotyczą dwu typów agresji, określanych jako agresja afektywna (emocjonalna) i agresja łowcza. Agresja afektywna może się przejawiać w formie ataku ofensywnego lub defensywnego

i towarzyszy jej zawsze silne zaangażowanie układu wegetatywnego oraz wyraźna ekspresja emocjonalna z wokalizacją. W agresji łowczej atak jest ukierunkowany na zabicie ofiary i przebiega bez oznak pobudzenia wegetatywnego układu nerwowego. Wzorzec behawioralny obu rodzajów agresji różni się zasadniczo i został dokładnie opisany [27].

Badania zapoczątkowane przez Hessa i Bruggera w latach czterdziestych, rozwijane później w laboratoriach Flynna [10], Bandlera [1], Berntsona [6], Siegla [34], a w Polsce przez zespół Romaniuka [31], udowodniły, że wymienione powyżej typy agresji, zarówno u kota jak i u szczura, można wywołać lub modulować przez elektryczne lub chemiczne drażnienie odrębnych systemów neuronalnych. Obszary mózgu, które zostały zdefiniowane jako zaangażowane w jeden lub drugi typ ataku, nie pokrywają się ze sobą. Atak afektywny można wywołać przez drażnienie przyśrodkowego podwzgórza [10] lub istoty szarej środkowej i brzuszno-bocznej nakrywki [1, 6], atak łowczy – poprzez drażnienie bocznego podwzgórza, brzusznej części istoty szarej okolowodociągowej i bocznych okolic nakrywki mostu [1, 10, 6]. Również drogi neuronalne obu tych systemów są różne [14, 15]. Stwierdzono także niejednakowy wpływ różnych części ciała migdałowatego na te dwie reakcje [34].

Atak afektywny i atak łowczy wywołane bezpośrednią stymulacją tych właśnie struktur mózgowych są najpowszechniej stosowanymi modelami w badaniach ośrodkowej regulacji agresji u kota.

Przez jednakże blisko pół wieku pozostaje kontrowersyjny problem, na ile zachowania uwolnione przez drażnienie odpowiednich okolic centralnego układu nerwowego są tożsame z zaturalnymi aktami agresji. Zewnętrzne przejawy obu rodzajów ataku, jak i ich ukierunkowanie, a także zależność odpowiedzi behawioralnej od zmian w środowisku sugerują, że są to zachowania homologiczne z obserwowanymi w naturze. Dokładniejsza analiza doświadczeń z zastosowaniem drażnienia mózgu budzi jednak pewne wątpliwości w tej kwestii. Po pierwsze, selektywność w stosunku do obiektu ataku, czyli ukierunkowanie, nie jest cechą stałą. W przypadku braku myszy czy szczura w pomieszczeniu eksperymentalnym, drażnienie bocznego podwzgórza powoduje atak nieafektywny skierowany na jakikolwiek obiekt – innego kota, przedmiot czy rękę eksperymentatora [2]. Ponadto, centralnie wywołanemu atakowi towarzyszą często niekontrolowane, nieadekwatne reakcje ruchowe [1]. Wzorzec zachowania, poszczególne jego elementy, też wbrew pozorom i czynionym wcześniej uogólnieniom, nie zawsze odpowiada naturalnemu, co stwierdzono na podstawie etoanalizy zarówno u kota [27], jak i u szczura [24]. Opisane zostały także istotne różnice w oddziaływaniu różnych środków farmakologicznych na zachowania naturalne *versus* wywoływane elektrostymulacją podwzgórza u szczura [24].

Uzasadnione jest przypuszczenie, że mechanizmy fizjologiczne zapoczątkowane doświadczalną wewnątrzmoźgową manipulacją odbiegają od rzeczywistej regulacji zachodzącej w czasie zachowania spontanicznego.

DOŚWIADCZALNE MODELE SPONTANICZNEJ AGRESJI

W literaturze przedmiotu nie ma prawie badań poświęconych ośrodkowej kontroli agresji u kota, opierających się na naturalnym modelu, to jest takich, w których interwencje farmakologiczne czy chirurgiczne dotyczą spontanicznie występujących zachowań agresywnych.

Przedmiotem i założeniem naszych doświadczeń było zbadanie mechanizmów naturalnych zachowań agresywnych kota. Staraliśmy się w warunkach laboratoryjnych stworzyć sytuacje zbliżone do występujących w naturze, umożliwiające obserwacje zarówno zachowania łowczego, jak i interakcji wewnątrzgatunkowych, które mogą prowadzić do manifestowania agresji afektywnej.

Spontaniczna reakcja łowcza jest szczególnie interesująca dla badacza zachowań emocjonalno-motywacyjnych, ponieważ z biologicznego punktu widzenia stanowi bardzo ważny element repertuaru behawioralnego kota. W warunkach naturalnych umożliwia zdobywanie pokarmu, a zatem przeżycie w środowisku. Studia etologiczne, jakkolwiek pozwoliły ustalić wzorzec tej reakcji i jej rozwój w ontogenezie, ciągle jeszcze nie odpowiedziały na pytanie, jakie jest jej podłoże motywacyjne. Jednoznaczne zaklasyfikowanie reakcji polowania jako kategorii agresji wydaje się zbyt uproszczone. Również podejście etologiczne, traktujące zachowanie łowcze jako „zdobywanie pokarmu”, a więc część behawioru pokarmowego, a nie agresywnego, nie określa złożonej natury tego zachowania.

W naszych badaniach założyliśmy, że zachowanie łowcze kotów ma odrębny, specyficzny gatunkowo system motywacyjny i można w nim wyróżnić komponentę agresywną, pokarmową, a także hedonistyczną, związaną z nagradzającą wartością aktu polowania. Hipotezę dotyczącą udziału w zachowaniu łowczym tych właśnie komponent, ich roli i wzajemnych powiązań, badaliśmy w naszych doświadczeniach po to, aby poznać podłoże motywacyjne i mechanizmy tego zachowania oraz określić jego związek z opisanym przez neurofizjologów systemem agresji w mózgu.

Doświadczalny model spontanicznej reakcji łowczej pozwala na obserwacje zarówno aspektu motywacyjnego (czatowanie na ofiarę, podążanie za nią, latencja pierwszego do niej podejścia), jak i aspektu wykonawczego (zagryzienie). Pozwala także na obserwacje finalnego aktu reakcji łowczej, jakim jest zjedzenie ofiary. W porównaniu z atakiem na uśpionego szczura, wywołanym przez stymulację odpowiednich struktur mózgowych, który ujawnia tylko pewne elementy wzorca behawioralnego (podchodzenie do ofiary na zgitych kończynach i akt zagryzienia), dogodność modelu naturalnego do badań mechanizmów motywacyjnych wydaje się oczywista.

Już w jednej z pierwszych prac [38] wykazaliśmy niejednorodność mechanizmów pokarmowych i łowczych. Stwierdziliśmy, że uszkodzenie brzuszno-przyśrodkowej części ciała migdałowatego powoduje całkowity zanik zachowania łowczego, nie zaburza natomiast pobierania pokarmu. Uszkodzenie

grzbietowej części ciała migdałowatego nie wpływa zupełnie na zachowanie łowcze, a powoduje znaczny spadek pobierania pokarmu [38]. Rezultaty te, a również i inne otrzymane w naszym zespole [11], wskazują na istnienie odmiennej anatomicznej lokalizacji obszarów związanych z zachowaniem pokarmowym i atakiem łowczym, co jest zgodne także z wynikami otrzymanymi przez F l y n n a przy zastosowaniu elektrycznego drażnienia podwzgórza [10].

W dalszym ciągu nasze doświadczenia były poświęcone badaniu roli komponenty agresywnej w zachowaniu łowczym. Stwierdziliśmy, że zdolność do szybkiego i skutecznego ataku łowczego nie ma związku z poziomem agresji afektywnej danego osobnika. Badania te wykonaliśmy używając wprowadzonego przez nas modelu kompetycji łowczej. Koty uprzednio wyselekcjonowane jako dobrze polujące, z określoną latencją ataku, łączono w pary i poddawano testowi współzawodnictwa o mysz. Założeniem naszym było uzyskanie takiego poziomu pobudzenia emocjonalnego, który wyzwoliłby konflikt socjalny, a więc pozwolił na ujawnienie się reakcji obronnych lub ofensywnych. Okazało się, że agresja afektywna manifestowana w procesie formowania się hierarchii nie determinuje dominacji pozycji w sytuacji współzawodnictwa. Niski poziom agresji afektywnej nie rzutował na efektywność reakcji łowczej i nie przeszkadzał w zdobyciu dominacji we współzawodnictwie o mysz [13]. Wyniki te skłoniły nas do przypuszczenia, że komponenta agresji w zachowaniu łowczym kotów jest instrumentalna i wyraża się przede wszystkim w akcie zabicia. Ten mechanizm uruchamiany jest prawdopodobnie przez aktywację odpowiednich ośrodków w podwzgórzu i pniu mózgu, na który to proces w warunkach naturalnych mogą mieć wpływ, poza głodem, inne czynniki motywacyjne, np. hedonistyczna wartość aktu polowania. Przesłanką do takiej hipotezy jest doświadczenie R o b e r t s a i K i e s s a [30], który wykazali, że reakcja polowania może służyć jako wzmocnienie przy uczeniu się trudnych zadań.

ZACHOWANIE ŁOWCZE I AGRESJA W BADANIACH FARMAKOLOGICZNYCH

W serii prac badaliśmy mechanizmy motywacyjne i wykonawcze spon-tanicznego zachowania łowczego, a także agresję afektywną, za pomocą środków farmakologicznych oddziałujących na centralny układ nerwowy. W doświadczeniach naszych stosowaliśmy leki działające na układ monoaminergiczny (imipramina i amfetamina) i cholinergiczny (skopolamina). W literaturze istnieje wiele danych wskazujących na istotną rolę monoamin i acetylocholino w zachowaniu agresywnym. Większość pochodzi z badań na szczurach, w których stosowano tradycyjne „szczurze” modele agresji. Wspólną cechą wszystkich tych modeli jest wywoływanie walki lub reakcji zabijania myszy poprzez eksperymentalną interwencję – szok elektryczny, stymulację receptorów dopaminergicznych, ablację opuszek węchowych i innych struktur mózgowych lub przewlekłą izolację socjalną. W stosunkowo nielicznych badaniach na kotach posługiwano się przeważnie modelami agresji afektywnej lub

łowczej, opartymi na drażnieniu chemicznym lub elektrycznym mózgu [1, 3, 5, 20, 21, 32, 33 i in.].

Spodziewaliśmy się, że środki farmakologiczne, wywołujące w klinice ludzkiej złożony obraz zmian (imipramina i amfetamina), zastosowane w zwierzęcym modelu spontanicznego zachowania o kompleksowej motywacji, pozwolą na ujawnienie różnych komponent tego zachowania. Blokada receptorów muskarynowych za pomocą skopolaminy miała, z kolei, służyć do dokładnej analizy aspektu wykonawczego reakcji łowczej, ponieważ nie wszystkie jego elementy poddają się obserwacji w modelu z zastosowaniem drażnienia mózgu.

WPLYW IMIPRAMINY NA ZACHOWANIE ŁOWCZE I AGRESJĘ AFEKTYWNA KOTÓW

W badaniach nad hipotetyczną rolę komponenty hedonistycznej w zachowaniu łowczym posłużyliśmy się powszechnie stosowanym w klinice lekiem antydepresyjnym — imipraminą. Założyliśmy, że brak spontanicznej reakcji łowczej u kota, który wyrósł w środowisku naturalnym, może być wyrazem pewnego rodzaju ahedonii, czyli zaburzenia w odczuwaniu przyjemnych wrażeń. Ahedonia jest jednym z osiowych objawów depresji u ludzi, a imipraminę uważa się za lek działający w szczególności na poprawę nastroju. Wybór imipraminy spośród innych antydepresantów podyktowany był również dodatkowymi względami. Farmakologiczny mechanizm działania imipraminy jest stosunkowo dobrze poznany [28]. Ponadto, wpływ tego leku na różne rodzaje motywacji u psów był przedmiotem badań w naszym zespole, co daje możliwość porównań. Wreszcie, imipramina selektywnie blokuje reakcję zabijania myszy przez szczury [16]. Ten ostatni powód był dla nas szczególnie interesujący, ponieważ zakładaliśmy, że reakcja drapieżcza u szczurów ma inny mechanizm, mimo pozornych podobieństw, niż zachowanie łowcze kotów.

Rezultaty naszych doświadczeń [40] wskazują, że chronicznie podawana imipramina nie tylko nie hamuje zachowania łowczego u kotów dobrze polujących, ale może wywołać atak łowczy u spontanicznie nie polujących i efekt ten jest trwały. Sześć z dziesięciu kotów nie polujących przed zastosowaniem imipraminy, w trakcie jej podawania zaczęło łowić myszy w sposób typowy, tzn. tak zwany gryz zabijający był w każdym przypadku skuteczny, precyzyjnie skierowany w kark ofiary i dostatecznie silny, żeby zabić od razu, bez śladu krwi. Flynn [10] stwierdził, że w systemie nerwowym kota istnieje gotowy mechanizm obsługujący wykonawczą reakcję zabijania ofiary, nawet gdy zwierzęta nie używają go. Wydaje się prawdopodobne, że imipramina uruchomiła mechanizm motywacyjny, pozostający w pewnego rodzaju atrofii. Cztery koty nie zaczęły jednakże polować ani w trakcie, ani po odstawieniu leku. Nie można tu wykluczyć genetycznego podłoża, ale bardziej prawdopodobne wydaje się, że przyczyna leży w indywidualnych różnicach we wrażliwości na działanie leku lub stopniu stłumienia reakcji łowczej. Koty te

były testowane regularnie przez 4 miesiące i nigdy nie zanotowano ataku łowczego, co sugeruje, że stały trening u dorosłych kotów nie polujących spontanicznie nie daje efektu. Wynik ten jest w zgodzie z obserwacjami *Le y h a u s e n a* [27]. A zatem wystąpienie ataku łowczego u kotów uprzednio nie polujących nie jest wynikiem uczenia się, lecz rezultatem działania leku.

Stwierdziliśmy także, że wywołanie przez imipraminę ataku łowczego nie wiąże się ze wzrostem aktywności ruchowej u poprzednio nie polujących kotów. Podczas podawania imipraminy zarówno u tych osobników, u których atak wystąpił, jak i tych, u których nie wystąpił, obserwowano spadek lokomocji w otwartym polu. Wskazuje to, że imipramina działa na motywację łowczą specyficznie, a nie poprzez podniesienie ogólnej aktywności czy też zdolności ruchowych.

Wyniki te są w sprzeczności z otrzymanymi na szczurach, zarówno przy jednorazowym, jak i chronicznym podawaniu imipraminy [17]. Wydaje się, że reakcja łowcza kota i reakcja zabijania myszy przez szczura nie należą do tej samej klasy zachowań, mimo że obie można wywołać przez drażnienie tych samych obszarów mózgu oraz, że wzorzec behawioralny tej reakcji jest bardzo podobny u obydwu gatunków (brak ekspresji emocjonalnej i komponenty wegetatywnej). Według *K r e i s k o t t a* [23] szczurzy atak drapieżczy jest instynktowną reakcją międzygatunkowej agresji w stosunku do mniejszych ssaków. *B l a n c h a r d i B l a n c h a r d* [9] uważają, że reakcja ta nie ma zupełnie charakteru łowczego, a „jest czymś bardzo podobnym do ataku na współplemieńca” (dosłowne tłumaczenie), czyli rodzajem agresji wewnątrzgatunkowej. Sformułowanie *K i n g a i H o e b l a* [22], że szczury zabijają tylko po to, żeby zabić, jest może zbyt uproszczone, jednak przewaga komponenty agresywnej w motywacji reakcji zabijania u szczurów wydaje się niewątpliwa. U szczura, który jest wszystkożerny, reakcja ta nie ma funkcjonalnego związku z odżywianiem się. Mysz nie jest ani jedynym, ani preferowanym źródłem pokarmu. Szczury zresztą bardzo rzadko zjadają zabita przez siebie ofiarę, a procent takich, które spontanicznie zabijają, waha się w zależności od szczepu między 1% a 20% [23]. Nasze dane sugerują, że szczurza reakcja zabijania myszy i zachowanie łowcze kotów to dwie różne kategorie specyficznych gatunkowo zachowań, które mogą zawierać podobne elementy zintegrowane w inny sposób i związane z inną biologiczną rolą. Stąd też wpływ tych samych środków farmakologicznych na interakcję szczur–mysz i kot–mysz może być różny.

Mechanizm działania leczniczego imipraminy jest związany z wpływem leku na dystrybucję monoamin oraz ze zmianami wrażliwości i liczby receptorów wrażliwych na te monoaminy [28]. Podstawowe znaczenie przypisuje się hamującemu wpływowi imipraminy (i innych trójcyclicznych antydepresantów) na wychwyt neuronalny noradrenaliny i serotoniny, co powoduje zwiększenie zawartości tych neuroprzekazników w szczelinie synaptycznej. Wiadomo także, że imipramina ma również działanie dopaminergiczne i cholinolityczne, a także

wywiera wpływ na neurony histaminowe. Jest więc to lek o bardzo złożonym wpływie na przekaźnictwo synaptyczne i nie zostało do końca wyjaśnione, z którym układem neuroprzekaźników wiąże się jego przeciwdepresyjne działanie.

Nasze badania, nie będące *sensu stricto* badaniami farmakologicznymi, nie pozwalają na wyciąganie wniosków dotyczących neurochemicznego podłoża zachowania łowczego, dostarczają jednak behawioralnych dowodów, że środek podnoszący przekaźnictwo monoaminergiczne w neuronach centralnego układu nerwowego pobudza specyficznie motywację do określonego działania posiadającego komponentę hedonistyczną. Wzrost częstotliwości samodrażnienia po podaniu imipraminy u kotów z elektrodami w bocznym podwzgórzu potwierdzałby tę hipotezę [19]. Można przypuszczać, że imipramina poprzez swoje działanie noradrenergiczne wpływa na mechanizmy wzmocnienia pozytywnego, na tzw. system nagrody w mózgu, co byłoby w zgodzie z koncepcją Steina [36], uważającego noradrenalinę za biochemiczny substrat nagrody. Zastrzec należy, że biochemiczne podłoże mechanizmów nagrody nie jest ostatecznie poznane. W ostatnich latach znaleziono szereg dowodów wskazujących raczej na rolę dopaminy, niż noradrenaliny, w mechanizmach wzmocnienia pozytywnego [37].

Niezależnie od powyższych rozważań, nie można było jednak wykluczyć, że pobudzające działanie imipraminy na motywację łowczą może być częściowo wynikiem działania leku na poziom agresji zwierzęcia. Dane z literatury na temat modyfikacji zachowań agresywnych pod wpływem antydepresantów są kontrowersyjne, a jeśli chodzi o koty — bardzo nieliczne. Niektórzy autorzy donoszą o zahamowaniu różnych typów agresywności po imipraminie, inni przeciwnie — opisują pobudzający wpływ tego leku na zachowanie agresywne u małp, kotów, myszy i szczurów [17].

W celu wyjaśnienia tego problemu przeprowadziliśmy doświadczenie [30], w którym badaliśmy wpływ imipraminy na zachowanie kotów spontanicznie polujących w sytuacji niesocjalnej, nie polujących natomiast — w parze z innym kotem, czyli submisywnych we współzawodnictwie łowczym. Założyliśmy, że imipramina podniesie motywację łowczą, jej walor nagradzający, do takiego stopnia, że umożliwi to kotu submisywnemu udział we współzawodnictwie. Jednocześnie, sytuacja kompetycyjna, pozwalając na ujawnienie się agresji afektywnej, miała umożliwić zbadanie ewentualnego wpływu imipraminy na poziom agresywności.

Doświadczenie wykonano na grupie dobrze polujących kotów (kryterium stanowiła latencja ataku mniejsza niż 5 s). Koty połączone w pary testowano w sytuacji niekompetycyjnej i w sytuacji współzawodnictwa o mysz, oceniając poziom agresji według trójstopniowej skali. Test współzawodnictwa łowczego polegał na tym, że dwa koty przebywające jednocześnie w pomieszczeniu eksperymentalnym mogły polować na jedną tylko mysz. Za dominanta uważany był ten, który podczas dziesięciu kolejnych sesji doświadczalnych złowił

większość prezentowanych myszy. Wybrano tylko pary stabilne, o stałym układzie dominacji (8 par). Imipraminę podawano kotom submisywnym, czyli tym, które nie zabijały myszy w obecności partnera.

U wszystkich par, imipramina chronicznie podawana wywołała zmianę w układzie socjalnym, powodując bądź fluktuację dominacji, bądź też zupełne odwrócenie ról. Podczas podawania leku 7 z 8 kotów submisywnych zaczęło atakować i zabijać myszy w obecności partnera, zdobywając pozycję dominującą lub też przynajmniej powodując osłabienie statusu poprzedniego dominanta. Całkowita zmiana porządku hierarchii nastąpiła u dwóch par. Efekt działania imipraminy wyraźnie się kumulował – najwięcej efektywnych ataków w obecności oponenta nastąpiło po dwóch tygodniach podawania leku. W trzecim tygodniu po odstawieniu imipraminy ilość efektywnych ataków zmalała, ale wciąż była większa niż w pierwszym tygodniu iniekcji.

Rezultaty tego eksperymentu potwierdziły jeszcze raz, że imipramina nie tłumii zachowania łowczego u kotów, co więcej pobudza motywację do polowania, sytuacyjnie zahamowaną, i powoduje u kota submisywnego tendencję do walki o dominację. Wzrost agresywności w postaci zwiększonej ilości epizodów syczenia, bicia łapą i otwartej walki ujawnił się u obu partnerów. Można sądzić, że stało się to wskutek rosnącego „konfliktu interesów” i jest wtórnym efektem sytuacji konfliktowej. Jednakże fakt, że kot submisywny podejmuje walkę o dominację i manifestuje przejawy agresji afektywnej w stosunku do poprzednio dominującego partnera, może świadczyć nie tylko o silnym pobudzeniu motywacji łowczej, ale również o wzmożonej asertywności. Należy pamiętać, że dwie omawiane tutaj kategorie agresji, zróżnicowane ze względu na formę i substrat anatomiczny leżący u ich podłoża – afektywna i łowcza, nie są jedynymi rodzajami agresji występującymi w świecie zwierzęcym. Asertywność również jest klasyfikowana jako zachowanie agresywne i nie jest to postawa właściwa tylko gatunkowi ludzkiemu, o czym świadczą badania nad dominacją u zwierząt. Wydaje się, że zastosowany przez nas paradygmat doświadczalny pozwala na ujawnienie się tej właśnie cechy, którą imipramina potęguje, doprowadzając poprzednio submisywnego kota do podjęcia rywalizacji. Byłoby to w zgodzie z poglądem, że leczniczy mechanizm działania imipraminy polega także na wzmożeniu samooceny obniżonej w depresji i w związku z tym umożliwieniu podjęcia normalnego funkcjonowania.

WPLYW AMFETAMINY NA ZACHOWANIE ŁOWCZE I AGRESJĘ AFEKTYWNA

Innym środkiem, który działa pobudzająco na motywację i nastrój, o nie-obojętnym, chociaż nie zbadanym do końca wpływie na zachowania agresywne, jest amfetamina. Podstawową własnością amfetaminy i jej pochodnych jest uwalnianie dopaminy i noradrenaliny z zakończeń presynaptycznych, a także hamowanie wychwytu zwrotnego tych katecholamin ze szczeliny synaptycznej. Doniesienia o pobudzającym wpływie amfetaminy na agresję są raczej nieliczne

[26, 35]. Generalnie stwierdza się hamujący wpływ psychostymulantów na różne modele zwierzęcej agresji [4, 16, 26 i in.].

Wiadomo, że amfetamina blokuje zachowanie drapieżcze szczurów [16, 26]. Przeciwny efekt zanotowano, jeśli chodzi o atak łowczy wywołany przez stymulację podwzgórza u kota. Amfetamina mianowicie w dawce takiej, jak stosowaliśmy w naszym doświadczeniu, powodowała skrócenie latencji ataku [33].

Nasze badania [41] miały na celu stwierdzenie, jaki jest wpływ amfetaminy na spontaniczne zachowanie łowcze kotów, zważywszy odrębność gatunkową szczura i prawdopodobnie inny niż u kota mechanizm ataku na mysz, a także wspomniane we Wstępie różnice między atakiem wywołanym przez drażnienie podwzgórza a spontaniczną reakcją łowczą. Chcieliśmy również zbadać wpływ amfetaminy na agresję między samcami manifestowaną w sytuacji socjalnej, tzn. we współzawodnictwie łowczym. Oczekiwaliśmy, że lek zmieni rodzaj interakcji w parach kotów. Dla określenia kierunku ewentualnych zmian podawaliśmy amfetaminę kotom manifestującym tylko postawy defensywne, tylko ofensywne lub przyjazno-obojętne bez przejawów agresji.

Amfetamina stłumiła zachowanie łowcze u wszystkich kotów, powodując albo brak efektywnego ataku, albo statystycznie istotne wydłużenie latencji ataku. Konsekwencją tego było zahamowanie dominacji we współzawodnictwie o mysz. Obserwowano również częste niezjadanie ofiary. Jeśli chodzi o agresję afektywną, amfetamina spowodowała całkowite zahamowanie reakcji ofensywnych. Wpływ leku na reakcje defensywne był niejednorodny. Amfetamina zahamowała występowanie postaw defensywnych, spowodowała natomiast wzrost ilości epizodów syczenia. Zwiększyła się także ilość epizodów przyjazno-obojętnych.

Wyniki te potwierdzają nasze przekonanie (patrz Wstęp) o różnicach między atakiem łowczym wywołanym drażnieniem podwzgórza, pobudzonym przez amfetaminę, a spontanicznym polowaniem na ofiarę, które jest przez ten lek hamowane. Zastanawiające natomiast jest pytanie, na jakie komponenty zachowania łowczego amfetamina działa, skoro kierunek zmian po jej podaniu jest identyczny u szczura i kota. Na podstawie badań *Steina* [36] i innych autorów można sądzić, że amfetamina działa pobudzająco na procesy hedonistyczne, a zatem raczej skróci latencję ataku u kotów wolniej polujących, niż ją wydłuży. Są jednak dowody jej hamującego działania na zachowania wzmacniane pozytywnie [12]. Być może antyagresywne działanie leku jest przeważające i tak silne, że dotyczy nie tylko agresji afektywnej, ale rozciąga się również na komponentę agresywną w zachowaniu łowczym, mimo że bez interwencji farmakologicznej nie stwierdziliśmy związku między agresją wyrażaną afektywnie a atakiem łowczym [13]. Nie można wykluczyć, że amfetamina działa najbardziej kompleksowo na wszystkie trzy komponenty zachowania łowczego – agresywną, pokarmową i hedonistyczną. Wprawdzie wydaje się, że anorektyczne właściwości leku nie mają szczególnego znaczenia, ponieważ koty, mimo

że często nie jedzą swojej ofiary, polują na nią i zabijają, jakkolwiek z wydłużoną latencją. Niemniej, brak wzmocnienia pozytywnego płynącego ze spożycia ofiary może przyczyniać się do obniżenia komponenty hedonistycznej aktu polowania.

Biochemiczny mechanizm, poprzez który amfetamina hamuje agresję afektywną i tłumi reakcję zabijania u kotów i szczurów, pozostaje nie wyjaśniony, tak jak nie wyjaśniona jest rola poszczególnych systemów neuroprzekaznikowych w zachowaniach agresywnych. Można sądzić, że amfetamina nie tylko działa na przewodnictwo dopaminergiczne i noradrenergiczne, lecz wpływa na balans między różnymi systemami transmitterskimi, modulując w ten sposób zachowanie.

ZMIANY WZORCA ATAKU ŁOWCZEGO POD WPLYWEM SKOPOLAMINY

W literaturze panuje dość powszechne przekonanie, oparte na wynikach licznych badań, że w kontrolę agresji łowieczej, a także afektywnej, włączone są mechanizmy cholinergiczne [5]. Wykazano, że systemowe lub domózgowe podawanie agonistów receptorów muskarynowych inicjuje reakcję drapieżczą u szczurów, podczas gdy antagoniści tych receptorów blokują ją. *Bernstein i Leibowitz* [8] podają, że również u kotów, które nie polują spontanicznie, dotrzewnowe podawanie cholinomimetyków powoduje atak łowieczy, hamowany z kolei przez poprzedzające podanie antagnisty muskarynowego, atropiny. Cholinolityk skopolamina znacznie podnosi próg natężenia prądu potrzebnego do wywołania ataku łowieczego z podwzgórza [20, 21].

Stosowany przez nas model doświadczalny pozwala na obserwację pełnego wzorca spontanicznego aktu łowieczego, a zatem umożliwia różnicowanie ewentualnych zaburzeń na poziomie zarówno motywacyjnym, jak i wykonawczym. Żaden z dotychczas używanych modeli nie pozwalał na precyzyjne określenie roli receptorów muskarynowych w ataku łowieczym, który stanowi pewnego rodzaju łańcuch zachowań (czatowanie na ofiarę, podążanie za nią, złapanie, efektywne zagryzienie, zjedzenie). Celem naszych doświadczeń [43] było sprawdzenie, czy i na jakie ogniwa tego łańcucha wpływa zablokowanie receptorów muskarynowych u kotów polujących spontanicznie. Dla sprawdzenia obwodowego działania leku zastosowano u innej grupy kotów jego pochodną metylową, która bardzo słabo przechodzi przez barierę krew—mózg.

Doświadczenie dotyczyło tylko zachowania łowieczego. Wszystkie elementy interakcji kot—mysz były notowane według specjalnie opracowanego etogramu i rejestrowane na taśmie magnetowidu. Na końcu każdej z 10 sesji doświadczalnych przed iniekcją skopolaminy podawano kotu małą porcję (150 g) mielonego, surowego mięsa. Wszystkie koty biorące udział w tym eksperymencie, testowane kontrolnie (przed iniekcją), wyraźnie czatowały na mysz siedząc lub krążąc pod okienkiem, przez które była podawana, lub wspinając się na nie, w momencie podania natychmiast podbiegały do myszy. Latencja zabicia

u wszystkich osobników nie przekraczała 15 sekund. Wszystkie myszy były zabijane w sposób typowy dla kotowatych, silnym, precyzyjnym przegryzieniem karku, bezkrwawo. Również sposób zjadania ofiary był stereotypowy, zawsze rozpoczynały od głowy, sukcesywnie i bez przerw zjadając resztę ciała. Latencja jedzenia ofiary nie przekraczała 5 sekund. Najdłuższy czas jedzenia wynosił 2,5 minuty. Wszystkie koty były w stanie zabić i zjeść do 6 myszy podczas 3 godzin. Oferowana porcja mięsa była spożywana natychmiast, błyskawicznie.

Iniekcja bromowodorku skopolaminy, centralnie działającego antagonisty receptorów muskarynowych, nie miała żadnego wpływu na motywację łowczą, zmieniła natomiast w sposób istotny, wzorzec behawioralny wykonania reakcji. Koty oczekiwały na mysz, natychmiast podbiegały do niej i każdy z nich zabijał swoje ofiary, chociaż latencja ataku w pierwszej godzinie po podaniu leku była statystycznie istotnie dłuższa. Sposób zabicia stracił jednak swój stereotypowy charakter, był niezgrabny, wolniejszy, nieukierunkowany i krwawy w każdym przypadku. Koty nie zjadały swoich ofiar, chociaż wszystkie próbowały to zrobić. Nie pozwalały także zabrać sobie zabitych myszy. Nie były też w stanie zjeść porcji mięsa. Mimo długotrwałych, uporczywych prób udało się to tylko w 4 przypadkach i trwało 3-4 minuty. W 24 godziny po iniekcji obserwowane parametry zachowań wróciły do normy.

Metylowa pochodna (azotan metylu) skopolaminy, która tylko w ograniczonym stopniu penetruje do centralnego układu nerwowego, nie miała w zasadzie wpływu na zachowanie łowcze jako takie. Obserwowano pewne trudności jedynie w przeżuwaniu, co znalazło wyraz w fakcie, że niektóre myszy zostały zjedzone tylko częściowo, a czas jedzenia porcji mięsa był znacznie dłuższy niż w normie.

Wyniki tego doświadczenia podtrzymują hipotezę o cholinergicznym ogniwie w kontroli ataku łowczego, ale dzięki zastosowaniu naturalnego modelu pozwalają na określenie granic, w jakich przypuszczalnie zachodzi kontrola cholinergiczna. Wydaje się, że wbrew sugestiom różnych autorów [5, 34], acetylocholina nie działa jako czynnik wyzwalający agresję łowczą, ponieważ zablokowanie receptorów muskarynowych nie hamuje dających się zaobserwować wskaźników motywacji łowczej, ani samego aktu zabijania. Upośledza natomiast wykonawcze mechanizmy czuciowo-ruchowe związane z ruchami szczęk. Znajduje to wyraz zarówno w zmienionym wzorcu zagryzania ofiary, jak i w zaburzonym procesie jedzenia. Inne nasze wyniki, uzyskane przy użyciu agonisty receptorów muskarynowych — arekoliny, zdają się popierać tę hipotezę. Stymulacja receptorów muskarynowych wywołuje intensywne gryzienie, interpretowane przez B e r n t s o n a [7] jako cholinergiczne pobudzanie agresji łowczej. Analiza etofarmakologiczna, jakiej dokonaliśmy, ujawniła jednakże, że arekolina zaburza dobrze utrwalony wzorzec zachowania łowczego u kotów spontanicznie polujących. Jedynym elementem tego wzorca występującym po iniekcji arekoliny zarówno u kotów polujących, jak i nie polujących spontanicznie, było intensywne gryzienie myszy lub kawałka styropianu [42].

Porównanie obrazu zmian w wyniku działania obu odmian leku pozwala przypuszczać, że zaburzenia w zabijaniu i zjadaniu ofiary są rezultatem centralnego działania bromowodorku skopolaminy.

MECHANIZMY ZACHOWANIA ŁOWCZEGO I AGRESJA — KONKLUZJE

Wyniki nasze potwierdzają słuszność założenia, że zachowanie łowcze kotów ma własny, specyficzny gatunkowo system motywacyjny, nie tożsamy ani z systemem agresji, ani z systemem pokarmowym, chociaż z nimi, w sensie funkcjonalnym, związany. W świetle naszych badań, podział agresji na afektywną i łowczą, przyjęty w neurobiologicznych studiach nad zachowaniem się zwierząt, wydaje się nieuzasadniony. Słuszniejsze wydaje się określenie tych dwóch typów agresji jako afektywna i nieafektywna. Termin „agresja łowcza” implikuje wyłącznie agresywny charakter polowania, podczas gdy zachowanie łowcze zawiera oprócz agresywnej, jeszcze inne komponenty.

Zachowanie łowcze kotów ma skomplikowany mechanizm motywacyjny, a komponenta agresji zdaje się odgrywać w nim przede wszystkim rolę instrumentalną. Kot, w środowisku naturalnym, żeby zjeść, musi zabić. Drażnienie systemu agresji łowczej, opisanego za pomocą badań elektrostymulacyjnych, powoduje ukierunkowane gryzienie oraz przygotowuje układ czuciowo-ruchowy tak, aby zapewnić efektywność wywołanej reakcji. Jest to więc system umożliwiający kotu sprawny i skuteczny atak. Doświadczenia oparte na tym modelu pozwalają zatem na badanie głównie wykonawczego aspektu zachowania łowczego, w dodatku bez jego finalnego elementu w naturze, jakim jest zjedzenie ofiary.

Badania nasze, przeprowadzone w warunkach symulujących naturalne, bez ingerencji eksperymentatora, pozwoliły na dokładniejsze zbadanie zarówno aspektu motywacyjnego, jak i wykonawczego zachowania łowczego. Jak wynika z naszych wcześniejszych doświadczeń dotyczących roli ciała migdałowatego w zachowaniu motywowanym, zachowanie łowcze może pozostać niezaburzone niezależnie od spadku motywacji pokarmowej. Ten fakt potwierdziły również wykonane następnie badania farmakologiczne. Niektóre z kotów otrzymujących amfetaminę, lek o właściwościach anorektycznych, nie jadły swojej ofiary, a mimo to polowały i zabijały, chociaż z wydłużoną latencją. Również koty, którym podawano skopolaminę, zabijały wszystkie oferowane im myszy, chociaż nie jadły ich. Zachowanie łowcze może zatem istnieć bez wzmocnienia pokarmowego jako natychmiastowej konsekwencji i motywacja pokarmowa nie jest zasadnicza — ani jedyna.

Doświadczenia z zastosowaniem imipraminy potwierdzają istnienie w zachowaniu łowczym również komponenty hedonistycznej. Imipramina nasila samodrażnienie i łagodzi upośledzenie tej reakcji spowodowane uszkodzeniem niektórych struktur mózgowych. Wykazaliśmy, że imipramina powoduje wystąpienie reakcji łowczej. To podobieństwo pozwala przypuszczać, że motywa-

cja łowcza, podobnie jak samodrażnienie, związana jest z systemem nagrody. Nie sugerujemy, że brak motywacji łowczej ma związek z patomechanizmem depresji, jednak brak reakcji polowania może świadczyć o upośledzeniu w odbiorze „przyjemnych” bodźców, jeśli pod wpływem antydepresanta motywacja łowcza się pojawia.

Od czasów Y o u n g a, który pierwszy poddał naukowej weryfikacji spencerowską ideę o istnieniu hedonistycznych wrażeń również u zwierząt, nie ma wątpliwości, że poszukiwanie „przyjemnych” odczuć jest u nich istotną składową wielu motywacji [37].

Imipramina zastosowana w modelu kompetycji łowczej spowodowała wzrost motywacji łowczej, przede wszystkim jej komponenty hedonistycznej, u kota poprzednio submisywnego we współzawodnictwie. Przypuszczamy także, że tendencja do walki o dominację i zmiany w hierarchii były spowodowane wzrostem asertywności, która ujawiła się pod wpływem działania leku u kota poprzednio submisywnego.

Zastosowanie w naszych badaniach nad wykonawczym aspektem zachowania łowczego modelu naturalnego pozwoliło stwierdzić, że rola centralnego układu cholinergicznego w zachowaniu łowczym kotów ogranicza się tylko do wykonawczych mechanizmów czuciowo-ruchowych związanych z ruchami szczęk.

Jak wspominaliśmy we Wstępie, rola poszczególnych neurotransmiterów w regulacji zachowań agresywnych jest badana przede wszystkim przy użyciu modeli opierających się na eksperymentalnej interwencji. Badanie biochemicznych podstaw wszelkich zachowań emocjonalno-motywacyjnych powinno, naszym zdaniem, obejmować również sytuacje, w których zachowania te występują możliwie spontanicznie. Duża ilość zmiennych utrudnia niewątpliwie kontrolę i interpretację. Jednocześnie jednak, jak wykazują to nasze doświadczenia, możliwe jest wyróżnienie i analiza różnych aspektów i komponent zachowania, których mechanizmy biochemiczne mogą nie być jednakowe.

W opisanych powyżej pracach używaliśmy, z wyjątkiem skopolaminy, środków o stosunkowo małej selektywności, dlatego wnioski dotyczące biochemicznych podstaw badanych zachowań byłyby nieupoważnione. Jednak działanie imipraminy, jak i amfetaminy, związane jest z układem noradrenergicznym, który według niektórych badaczy ma odgrywać istotną rolę w modulacji agresji określanej jako łowcza i afektywna [3, 21, 29 i in.]. Rezultaty, jakie otrzymaliśmy, a szczególnie rozbieżność wyników przy zastosowaniu imipraminy i amfetaminy, skłoniły nas do badań roli układu noradrenergicznego w naturalnym modelu zachowania agresywnego i łowczego z użyciem bardziej precyzyjnego narzędzia niż niespecyficzne środki farmakologiczne. Zniszczenie, za pomocą selektywnej neurotoksyny DSP-4, noradrenergicznej projekcji z miejsca sinawego, powodujące znaczny spadek poziomu noradrenaliny w ciele migdałowatym i podwzgórzu, pozostało bez wpływu na spontaniczne zachowanie łowcze, współzawodnictwo łowcze i manifestację agresji afektywnej u kotów [25].

Wyniki tego doświadczenia podkreślają jeszcze raz kompleksowość zachowania łowczego i potwierdzają coraz powszechniejsze w neurobiologii przekonanie, że skomplikowane procesy i funkcje organizmu są kontrolowane przez systemy włączające szereg neurotransmiterów. Przypisywanie zatem wiodącej roli tylko jednemu z nich w uczeniu się, pamięci lub mechanizmach motywacyjno-emocjonalnych jest niesłusznym uproszczeniem.

LITERATURA

1. Bandler R. J. — *Brain mechanisms of aggression as revealed by electrical and chemical stimulation: suggestion of a central role for the midbrain periaqueductal grey region*. [W:] *Progress in Psychobiology and Physiological Psychology*. A. Epstein, A.R. Morrison (red.), Academic Press, New York, tom 13; 67-154, 1984.
2. Bandler R. J., Tork I. — *Behavioural-anatomical techniques as a means of studying the neural control of aggression*. [W:] *The biology of Aggression*. P. F. Brain, D. Benton (red.), Sijthoff & Noordhoff, Aalphen aan den Rijn, 367-381, 1981.
3. Barrett J., Shaikh M. B., Edinger H., Siegel A. — *The effects of intrahypothalamic injections of norepinephrine upon affective defense behavior in the cat*. *Brain Res.* 426: 381-384, 1987.
4. Beatty W. W., Costello K. B., Berry S. L. — *Suppression of play-fighting by amphetamine: effects of catecholamine antagonists, agonists and synthesis inhibitors*. *Pharm. Biochem. Beh.* 20: 747-755, 1984.
5. Bel A., Warburton D. M., Brown K. — *Drugs as research tools in psychology: cholinergic drugs and aggression*. *Neuropsychobiology* 14: 181-192, 1985.
6. Berntson G. — *Attack, grooming and threat elicited by stimulation of the pontine tegmentum in cats*. *Physiol. Behav.* 11: 81-84, 1973.
7. Berntson G., Beattie M. S., Walker J. M. — *Effects of nicotine and muscarinic compounds on biting attack in the cat*. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 5: 235-239, 1976.
8. Berntson G., Leibowitz S. F. — *Biting attack in cats: evidence for central muscarinic mediation*. *Brain Res.* 51: 366-370, 1973.
9. Blanchard R. J., Blanchard D. C. — *Aggressive behavior in rats*. *Behav. Biol.* 21: 197-224, 1977.
10. Flynn J. P. — *The neural basis of aggression in cats*. [W:] *Neurophysiology of emotion*. D. C. Glass (red.). Rockefeller Univ. Press, New York, 40-59, 1967.
11. Fonberg E., Serduczenko W. — *Predatory behavior after hypothalamic lesions in cats*. *Physiol. Behav.* 24: 225-230, 1980.
12. Fonberg E. — *Amphetamine as a suppressor or stimulant of the motivated behavior*. *Proc. 4th Cong. Hung. Pharmacol. Soc.* 3: 165-172, 1985.
13. Fonberg E., Brudnias-Stepowska Z., Zagrodzka J. — *Various relations between the predatory dominance and aggressive behavior in pairs of cats*. *Aggressive Beh.* 11: 137-149, 1985.
14. Fuchs S. A., Dalsass M., Siegel H. E., Siegel A. — *The neural pathways mediating quiet-biting attack behavior from the hypothalamus in the cat: A functional autoradiographic study*. *Aggressive Beh.* 7: 51-67, 1980.
15. Fuchs S. A., Edinger H., Siegel A. — *The organization of the hypothalamic pathway mediating affective defense behavior in the cat*. *Brain Res.* 330: 77-92, 1985.
16. Gay P. E., Leaf R. C., Arble F. B. — *Inhibitory effects of pre- and post tests drugs on mouse-killing by rats*. *Pharm. Biochem. Behav.* 3: 33-45, 1975.

17. Goldberg M. E., Horowitz Z. P. — *Antidepressants and aggressive behavior* [W:] *Modern Problems of Pharmacopsychiatry*. L. Valzelli (red.), S. Karger, Basel, 13: 29-52, 1978.
18. Horowitz Z. P., Rogozzino P. W., Leaf R. C. — *Selective block of rat mouse-killing by antidepressants*. *Life Sci.* 4: 1909-1912, 1965.
19. Horowitz Z. P., Chow M., Carlton P. L. — *Self-stimulation of the brain by cats: effects of imipramine, amphetamine and chlorpromazine*. *Psychopharmacologia* 6: 455-463, 1962.
20. Katz R. J. — *Possible muscarinic-cholinergic mediation of patterned aggressive reflexes in the cat*. *Prog. Neuro-Psychopharmacol.* 5: 49-56, 1981.
21. Katz R. J., Thomas E. — *Effects of scopolamine and methylparatyrosine upon predatory attack in cats*. *Psychopharmacologia* 42: 153-157, 1975.
22. King M. B., Hoebel B. G. — *Killing elicited by brain stimulation in rats*. *Commun. Behav. Biol.* 2: 173-177, 1988.
23. Kreiskott H. — *Some comments on the killing response behaviour in the rat*. [W:] *Aggressive Behaviour*, S. Garattini, E. B. Sigg (red.), Excerpta Medica, Amsterdam, 56-58, 1969.
24. Kruk M. R., Van der Poel, Lammers A. M. — *Ethopharmacology of hypothalamic aggression in the rat* (manuskrypt), 1987.
25. Kubiak P., Zagrodzka J. — *The effects of DSP-4 lesions of locus coeruleus on aggressive behaviour in cats* (manuskrypt), 1991.
26. Kulkarni A. S., Plotnikoff N. P. — *Effect of central stimulants on aggressive behavior*. [w] *Modern Problems of Pharmacopsychiatry*, L. Valzelli (red.), S. Karger, Basel. 69-81, 1978.
27. Leyhausen P. — *Cat Behavior. The predatory and social behavior of domestic and wild cats*. Garland STPN Press, New York, 1975.
28. Maj J., Przeglasiński E., Mogilnicka E. — *Hypotheses concerning the mechanism of action of antidepressant drugs*. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.* 100: 65-87, 1984.
29. Puciłowski O., Trzaskowska E., Kostowski W., Valzelli L. — *Norepinephrine-mediated suppression of apomorphine-induced aggression and locomotor activity in the rat amygdala*. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 26: 217-222, 1987.
30. Roberts W. W., Kiess H. O. — *Motivational properties of hypothalamic aggression in cats*. *J. Comp. Physiol. Psychol.* 58: 187-193, 1964.
31. Romaniuk A., Brudzyński S., Grońska J. — *Rage reaction evoked by intrahypothalamic injection of carbachol in cats*. *Acta Physiol. Pol.* 24: 623-630, 1973.
32. Romaniuk A., Gołębiowski H. — *Adrenergic modulation of hypothalamic cholinergic mechanism in the control of emotional-defensive behavior in the cat*. *Acta Neurobiol. Exp.* 39: 312-326, 1979.
33. Sheard M. H. — *The effects of amphetamine on attack behavior in the cat*. *Brain Res.* 5: 330-338, 1967.
34. Siegel A., Rott C. B. — *Neural substrates of aggression and flight in the cat*. *Prog. Neurobiol.* 31: 261-283, 1988.
35. Smith E. O., Byrd L. D. — *D-amphetamine induced changes in social interactions patterns*. *Pharm. Biochem. Behav.* 22: 135-139, 1985.
36. Stein L. — *Norepinephrine reward pathways*. [W:] *Nebraska Symp. on Motivation*. J. K. Cole, T. B. Sonderegger (red.) Lincoln Univ. of Nebraska Press, 113-159, 1975.
37. Stellar J. R., Stellar E. — *The Neurobiology of motivation and reward*. Springer-Verlag New York, Inc. 1985.
38. Zagrodzka J., Fonberg E. — *Predatory versus alimentary behaviour after amygdala lesions in cats*. *Physiol. Behav.* 29: 523-531, 1978.

39. Zagrodzka J., Fonberg E., Brudnias-Graczyk Z. — *Predatory dominance and aggressive display under imipramine treatment in cats*. Acta Neurobiol. Exp. 45: 137-149, 1985.
40. Zagrodzka J., Kubiak P., Jurkowski T., Fonberg E. — *The effect of imipramine on predatory behaviour and locomotor activity in cats*. Acta Neurobiol. Exp. 47: 123-135, 1987.
41. Zagrodzka J., Jurkowski T. — *Changes in the aggressive behaviour of cats treated with amphetamine*. Intern. J. Neurosci. 41: 287-296, 1988.
42. Zagrodzka J., Randall C. B., Ramirez M. J. — *The effect of muscarinic activation on predatory behaviour in cats*. ISRA 5th Int. Conf., Hungary, 101, 1989.
43. Zagrodzka J., Kubiak P. — *Scopolamine-induced alterations in predatory pattern in cats*. Acta Neurobiol. Exp. 51: 29-36, 1991.

ROMAN KARCZMARCZUK

Wrocław

SINICE I GLONY ORAZ ICH ZNACZENIE W PRZYRODZIE I GOSPODARCE CZŁOWIEKA

Jakkolwiek sinice bywają jeszcze często określane mianem glonów, to jednak różnią się od nich tym, że podobnie jak bakterie nie mają wyodrębnionego jądra, czyli są prokariotami. Glony natomiast należą do typowych eukariotów i dlatego zasługują na oddzielne ujęcie systematyczne.

Autotrofizm większości sinic nie podlega dyskusji, ale niektóre taksony mogą istnieć też kosztem materii organicznej. Warto przy tym zaznaczyć, że bezbarwne sinice z rodziny *Beggiatoaceae* żyją bez tlenu wykorzystując energię do pobierania dwutlenku węgla z utleniania siarkowodoru. Sinice charakteryzują się również zdolnością wiązania wolnego azotu atmosferycznego. Tę czynność umożliwia im enzym zwany nitrogenazą, aktywny tylko w warunkach beztlenowych. Gatunki nitkowate z rzędów *Nostocales* i *Scytonematales* tworzą specjalne komórki, w których zachodzą reakcje związane z asymilacją azotu. Sinice jednokomórkowe wiążą azot tylko w środowisku pozbawionym tlenu, np. w bogatych w siarkowodor przydennych warstwach zbiorników wodnych. W chromatoplazmie sinic stwierdzono obok chlorofilu, karoteny i dwa rozpuszczalne w wodzie chromoproteidy — niebieski fikocyjan, nadający komórkom znamienne sinoniebieskie zabarwienie, oraz niekiedy czerwoną fikoerytrynę. Chlorofil i karotenoidy znajdują się w blaszkowatych strukturach — tylakoidach, zaś fikocyjanina i fikoerytryna w fikobilisomach — półkulistych „banieczkach” rozmieszczonych na powierzchni tylakoidów.

Sinice mogą być zbudowane z jednej lub wielu komórek i rozmnażają się wyłącznie bezpłciowo. Liczą około 2 tys. gatunków, żyją najczęściej w wodach słodkich. Są rozpowszechnione prawie na całej kuli ziemskiej. Egzystują zarówno na korze drzew, wilgotnej glebie i nagich skałach, jak też w gorących źródłach, gdzie temperatura sięga 93°C. Ponadto porastają rośliny wodne, a także kamienie w rzekach i stawach. Znalezione je również w przewodzie pokarmowym ssaków. Niektóre sinice wchodzą w skład porostów lub współżyją z glonami bezzieleniowymi, a na liściach paproci z rodzaju *Azolla* wykryto symbiotyczną sinicę *Anabaena azollae*. Zjawisko symbiozy z sinicami zaobserwowano u roślin okrytozalążkowych z rodzaju *Gunnera*. Poza tym niektóre gatunki tych zadziwiających prokariotów mogą bytować na liściach mszaków i na kwiatowych roślinach wodnych [12].

Pionierska działalność sinic została dość dobrze poznana. Zasiedlając jałowe obszary, stwarzają warunki umożliwiające życie bardziej skomplikowanym organizmom. Wystarczy wspomnieć, że po wybuchu wulkanu Krakatau w roku 1883, znalazły się one wśród pierwszych przedstawicieli flory opanowujących to pustkowie. Ich niekwestionowanym atutem jest również niewyobrażalna wytrzymałość na niedobór wody. Pewne taksony lądowe wytrzymują wielomiesięczne przechowywanie w szczelnym pojemniku nad stężonym kwasem siarkowym [23]. Sporo sensacji wywołał fakt ożywienia egzemplarza zielnikowego *Nostoc commune* po 107 latach przechowywania [26]. Wiążąc azot atmosferyczny przyczyniają się, podobnie jak rośliny motylkowate, do wzbogacania gleby w niezbędne sole azotowe. Biorąc to pod uwagę, zaczęto w Indii i Japonii wprowadzać sinice na pola i tym samym zwiększono wydajność z jednego hektara o 20%. Ponadto dowiedziono, że gatunki z rodzaju *Oscillatoria*, *Rivularia* i in. posiadają rzadką zdolność wychwytywania promieniotwórczego strontu i dlatego znajdują zastosowanie w oczyszczaniu zbiorników wodnych z tego groźnego dla naszego zdrowia pierwiastka. Sinice są też pomocne służbie sanitarnej. Analizując pojawianie się poszczególnych gatunków, łatwo stwierdzić stopień zanieczyszczenia wód [21]. Żmudne badania *Anabaena cylindrica* wykazały, że wytwarza ona pokaźne ilości witaminy B₁₂ tak ważnej w farmakoterapii. Natomiast w czasie zakwitów sinic *Aphanizomenon flos-aquae* i *Microcystis aeruginosa* następuje fermentacja masłowa, mlekowa i aceto-butylenowa, w czasie której na 1 kg powietrznie suchej masy tych sinic tworzy się 25-120 g alkoholu etylowego, 200-500 g butylowego i 6-40 g acetonu. Stwarza to niewątpliwą okazję do wykorzystywania wielu cennych surowców przemysłowych. Warto by również przypomnieć, że niektóre gatunki stanowią pokarm dla ludzi i ssaków domowych. Należą do nich m.in. *Nostoc commune*, *N. flagelliforme* i *Gloeocapsa punctata* spożywane w Chinach i Japonii [21]. Trzeba też pamiętać, że ze względu na trudną przyswajalność, sinice nie są wartościowym pożywieniem dla zwierząt wodnych. Poza tym w okresie masowych pojawów zużytkowują wielkie ilości tlenu i mogą zanieczyszczać wodę substancjami trującymi. Pewna ciekawostka dotyczy sinicy *Trichodesmium erythraeum*, która przy silnej koncentracji i współudziale nawiewanego pyłu pustynnego zabarwia wodę Morza Czerwonego na czerwono. W ten sposób zdecydowała o nadaniu mu tej słusznej nazwy geograficznej.

Sinice pojawiły się wraz z bakteriami w początkach powstawania biosfery. Szczątki tych prymitywnych organizmów nie zachowały się jednak w takim stanie, aby je bezspornie zidentyfikować w prekambrze. Do najbardziej pierwotnych należą przedstawiciele *Chroococcales*, a najwyższy rozwój osiągnęły *Hormogonales*. W warstwach z kambru znaleziono sinice będące kopalnymi przedstawicielami rodziny *Oscillatoriaceae* [21].

Najdawniejsze wiadomości o glonach pochodzą z dzieł starożytnych uczonych chińskich. Są tam wzmianki o ich gromadzeniu, konsumpcji i stosowaniu w formie leków. Piękności antycznego Rzymu używały wyciągu z morskizynu

jako różu, a znany grecki przyrodnik i filozof Teofrast z Eresos (370-285 p.n.e.) określał rośliny wodne mianem „phycos” i stąd właśnie wywodzi się późniejsza nazwa nauki o glonach — phycologia będąca synonimem algologii. Polskie określenie „glony” zawdzięczamy naszemu wybitnemu botanikowi prof. Józefowi Rostafińskiemu (1850-1928), który zaczerpnął ten termin z gwary góralskiej.

W szkolnych biologicznych podręcznikach autorzy najczęściej definiują glony jako autotroficzne plechowce związane przede wszystkim ze środowiskiem wodnym. Prezentacja ta nie pozwala nam jednak dostrzec wielkiej różnorodności ich cech zarówno morfologicznych, fizjologicznych, jak i ekologicznych. Obejmują około 30 tys. gatunków, z czego połowa żyje w wodach słodkich. Należą do organizmów jedno- lub wielokomórkowych, rozmnażają się bezpłciowo i płciowo. W ścianie komórkowej glonów nie ma ligniny ani suberyny i dlatego nie ulegają one drewnieniu i korkowaceniu. U okrzemek jednak stwierdzamy impregnację ścian krzemionką [23].

Glony są obecne we wszystkich ekosystemach naszej planety. Niektóre morskie gatunki z rodzaju *Bangia*, *Porphyra* i *Fucus* znoszą spadek temperatury do -20°C , natomiast inne, jak na przykład *Laminaria* i *Delesseria* nie wytrzymują kilku stopni mrozu [13]. W zasolonych wodach śródlądowych pospolitym taksonem jest *Dunaliella salina* rozwijająca się optymalnie w zasoleniu 60-70%. Brunatnice z rodzaju *Macrocystis* charakteryzują się ogromną długością plech, a obecność krasnorostów wykryto na głębokości 185 m, gdzie ich czerwony barwnik absorbuje jeszcze niebieskozielone fale świetlne docierające do tych stref [24]. W glebie żyje około 2 tys. gatunków glonów należących do różnych gromad. Te, które spotykamy głębiej pod powierzchnią, odżywiają się heterotroficznie, a niektóre taksony z rodzaju *Dinobryon* spożywają również bakterie. Przeciętnie co pięć minut jeden z tych złotowiciowców pobiera trzy komórki bakteryjne i w ten sposób zaspokaja w 50% zapotrzebowanie na węgiel i inne pierwiastki. Obfita biomasa tych glonów decyduje o tym, że w sumie niszczą one znacznie więcej bakterii aniżeli pierwotniaki, wrotki czy skorupiaki [7]. Na ziemiach leżących odłogiem liczba glonów waha się w różnych okresach od 0,5 do 300 tys. osobników w 1 g gleby w warstwie od 0 do 10 cm i do 8 mln na głębokości 0-2 cm. W pustyniach należą do głównych producentów, wytwarzając na jednym hektarze nawet do 1400 kg materii organicznej [26].

Trzeba również wspomnieć o glonach występujących na śniegu i lodzie. W zależności od barwników rozmieszczonych w komórkach, zmieniają one bardzo istotnie kolor podłoża. Takim przykładem jest zielenica *Chlamydomonas nivalis* powodująca czerwone zabarwienie śniegu oraz *Ch. flavovirens* sprawiająca, że śnieżne pola stają się żółtozielone. Brązowe zakwity dostrzegalne na lodowcach w Alpach, Skandynawii i Grenlandii są dziełem sprężnicy *Ancylonema nordenskiöldii*, a na żółtych powierzchniach śnieżnych stwierdzono obecność glonów z rodzaju *Mesotaenium*. Jest rzeczą znaną, że niektóre

taksony, jak np. *Zygnema purpureum* oraz *Zygonium ericetorum* rosnąc na obszarze bezwapiennym są czerwone, a na wapiennym stają się zielone [21].

Głony zaliczamy do następujących gromad: *Euglenophyta*, *Pyrrophyta*, *Chrysophyta*, *Chlorophyta*, *Phaeophyta* i *Rhodophyta*. O przynależności do tej czy innej gromady decydują barwniki i substancje zapasowe oraz składniki ścian komórkowych [13]. Na ogół znoszą one dobrze suszę i żyją nawet wówczas, gdy zawartość wody w plesze spadnie do 5%. Badania dowiodły, że w miarę braku wilgoci spada u nich poziom fotosyntezy. Jeżeli na przykład *Carpophyllum* straci 80% wody, to jego oddychanie obniży się do 20% normy. Również wyschnięty morskoczyn (*Fucus*) przyswaja znikome ilości dwutlenku węgla, lecz po zanurzeniu rośliny w wodzie w krótkim czasie osiąga normalną wydajność [6].

O glonach kopalnych nie posiadamy zbyt wiele danych, gdyż ich delikatne ciało ulega szybko rozkładowi i trudno znaleźć resztki, jeżeli plecha nie uległa mineralizacji. Identyfikacja skamieniałych pozostałości napotyka też na poważne trudności, bo wiele gatunków wymarło i z tego względu zestawienie porównawcze jest często niemożliwe. Najstarsze zlotowiciowce sięgają kambru, a okrzemki *Pyxidicula bollensis* odkryto w cieple gąbki z jurajskich łupków górnego liasu Wirtembergii. Szczątki bruzdnic dostrzeżono dopiero w pokładach jurajskich, a brunatnice sięgają syluru i dewonu. Natomiast najdawniejsze krasnorosty (rodzaj *Solenopora*) pochodzą z kambru i syluru. Zielenice są najlepiej poznaną grupą paleobotaniczną. Zawdzięczają to obfitej inkrustacji plech węglanem wapnia. Ślady ramienic wiodą prawdopodobnie do syluru, lecz wiarygodne informacje dotyczą jednak dewonu, skąd wywodzi się *Palaeonitella cranii* znana ze Szkocji [21].

Często nie doceniamy w pełni ogromnego znaczenia glonów w przyrodzie, bo nie zawsze pamiętamy o wyjątkowym bogactwie tej grupy roślin zarodnikowych. Warto zaznaczyć, że ich liczebność jest niejednokrotnie imponująca. Dla potwierdzenia faktu wystarczy podać, iż na przykład w Morzu Barentsa stwierdzono w 1 m³ wody od 20 do 30 mln glonów planktonowych, a w małych akwenach słodkowodnych w czasie zakwitów mieści się w tej samej objętości około 10 mld osobników. W wodach wzniankowanego morza roczną produkcję planktonu roślinnego obliczono na 30 do 50 t świeżej masy na 1 ha, zaś bentosu 120-231 t/ha. Takie proporcje dostrzegamy jedynie w płytkich częściach mórz, a wraz ze zwiększaniem się głębokości jest coraz mniej roślin bentonicznych. W zbiornikach słodkowodnych glony bentosowe są bardzo małe i z tego względu ich produkcja ustępuje znacznie tej, którą obserwujemy w morzu. Fakt maksymalnej koncentracji dennych glonów na płytkim obszarze wód przybrzeżnych stanowiących 1/10 ogólnej powierzchni mórz sprawia, że udział planktonu w globalnej produkcji biomasy jest znacznie większy niż bentosu [20]. Glony morskie tworzące bentos są złożone przede wszystkim z brunatnic i krasnorostów. Często wspomiane Morze Sargassowe stanowiące część Oceanu Atlantyckiego między 20 a 40° szer. geogr. płn. i 35 a 75° dł. geogr.

zach. zostało w tak wielkim stopniu opanowane przez brunatnice z rodzaju *Sargassum*, że na jedną milę morską przypada tam około 5 ton masy roślinnej. Plankton morski składa się przeważnie z tobołków należących do rodzajów *Exuviella*, *Prorocentrum*, *Dinophysis*, *Ornithocercus* i *Gymnodinium* oraz z okrzemek, zaszeregowanych do rodzajów *Thalassiosira*, *Skeletonema*, *Cyclotella*, *Coscinodiscus*, *Eucampia*, *Rhizosolenia* i innych, podczas gdy nannoplankton tworzą najczęściej przedstawiciele rodziny *Coccolithophoraceae* i *Silicoflagellatae*. O ich ilości świadczą m.in. wyniki badań prowadzonych w północnej części Oceanu Atlantyckiego niedaleko Wysp Owczych. Okazało się, że w jednym litrze wody powierzchniowej naliczono 32 tys. bruzdnic, 1600 okrzemek i 54 tys. komórek z rodziny kokolitowatych [13].

Glony są w akwenach najważniejszymi producentami materii organicznej. Poza tym wydzielają w procesie fotosyntezy niezbędny do życia tlen. Gatunki wchodzące w skład palnktonu stanowią główne pożywienie wielu pierwotniaków i drobnych skorupiaków, którymi z kolei żywią się ryby. Obserwacje dowiodły, że karp o wadze 2 kg konsumuje dziennie około 1600 g glonów. Stąd też nawożenie stawów ma niebagatelne znaczenie, ponieważ wówczas zwiększają się zasoby glonów, a tym samym ryb. Oprócz tego w ich gęstwinach może bezpiecznie odbywać się tarło i młody narybek znajduje tam schronienie przed drapieżnikami [20].

Analizując ujemne strony zagadnienia trzeba przypomnieć, że niektóre zielenice i okrzemki umiejscawiają się w ciele ryb i mogą być przyczyną śmierci tych kręgowców. Do niebezpiecznych zaliczamy też glony wydzielające rozpuszczalne w wodzie substancje trujące. Toksyny produkowane przez rodzaj *Gonyaulax* nie szkodzą mięczakom, ale nagromadzone w ich organizmach powodują zatrucie żywiących się nimi ludzi. Natomiast trucizny wytwarzane przez rodzaj *Gymnodinium* są szkodliwe zarówno dla ryb, jak i mięczaków [24].

Już od wielu lat obserwujemy w Wielkich Jeziorach na pograniczu Kanady i USA nadmierny rozwój gałęzki kłębiastej (*Cladophora glomerata* L.). Jej ogromna koncentracja nie tylko utrudnia kąpiel, lecz również na skutek obrywania i przemieszczania się plech następuje zatykanie filtrów w ujęciach wodnych. Ponadto wyrzucane na brzeg są one wylęgarnią owadów. W czasie gnicia wydziela się też w nadmiernej ilości nieprzyjemny siarkowódór. Poza tym woda jezior ma przykry zapach i smak, a to z kolei utrudnia nadmiernie jej uzdatnianie do picia. Stwierdzono, że przyczyną eksplozji ekologicznej gałęzki jest obfite zasilanie wód fosforem i azotem przez liczne oczyszczalnie ścieków. Aby zapobiec klęsce, próbowano wykorzystać zwierzęta pożerające plechy tej zielenicy. Jednak kielże (*Gammarus*), rozmnażające się tam masowo w okresie jej maksymalnego rozrostu, spożywają wyłącznie okrzemki, które porastają plechy. Najskuteczniejszym sposobem przeciwdziałającym temu groźnemu zjawisku może być tylko zmniejszenie ilości fosforu w wodach ściekowych [17].

Alergie układu oddechowego są niekiedy również związane z glonami. W trakcie badań dowiedziono, że w kurzu pobranym z ludzkich mieszkań najliczniej występują przedstawiciele rodzaju *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Schizotrix*, *Planktosphaeria*, *Anabaena* oraz *Chlamydomonas* i one najczęściej wywołują reakcje uczuleniowe [5]. Nie na tym kończy się jednak toksyczne oddziaływanie tej grupy roślin na ludzkie organizmy. Czasem spotykamy zaburzenia żołądkowo-jelitowe z odruchami wymiotnymi, mdłościami, bólami w okolicach brzucha i biegunkami. Dla przykładu warto podać fakt zaczerpnięty z obserwacji lekarzy amerykańskich. Po wyjściu z kąpeli wystąpiła u kilku osób wysoka temperatura, dolegliwości stawowe i trudności w oddychaniu. Ustalono, że przyczyną niedyspozycji są niektóre taksony z rodzaju *Spirogyra*, *Mougeotia* i *Aeromonas*. Odnotowano też schorzenia dróg oddechowych z nasilającym się katarzem, kaszlem i uciskiem klatki piersiowej. Przeprowadzono wówczas doświadczenie polegające na tym, że kilku ochotnikom wstrzykiwano do nosa i gardła wodę zawierającą tobołki — *Gymnodinium brevis*. W celu wyeliminowania innych czynników spryskiwano czystą wodą następną grupę ludzi. Objawy choroby dotknęły tylko tych, którzy zetknęli się z glonami. To samo dotyczy niektórych chorób skóry wywoływanych przez rodzaj *Gymnodinium* i inne. Chodzi tu przede wszystkim o brodawkowato-pęcherzykowe zapalenie skóry dające w późniejszym efekcie głębokie złuszczenie i blizny. Należy odnotować, że glony spotykamy też w miejscach skóry objętych grzybicą [8].

Jest rzeczą oczywistą, że wśród przyczyn ogromnej ilości schorzeń współczesnego człowieka udział glonów będzie zawsze znikomy, a korzyści wypływające z istnienia tych prymitywnych roślin są znaczne i powinny być w przyszłości szerzej uwzględniane w gospodarce i nauce. Aby przekonać się o ich wartości w zakresie pogłębiania wiedzy, wystarczy napomknąć o zielenicy z rodzaju *Acetabularia* stanowiącej obiekt badań morfologii eksperymentalnej i genetyki. Przedmiotem szczególnej uwagi były takie gatunki, jak *Acetabularia mediterranea*, *A. crenulata* i *A. wettsteinii*. Składają się one z jednej komórki o plesze zróżnicowanej na trzonek, chwytники czyli ryzoidy i kapelusz. U dorosłych osobników jądro dochodzi do wielkości 80 mikronów i jest zlokalizowane w chwytniku na peryferii komórki. Prace prowadzone przez niemieckiego uczonego H ä m m e r l i n g a dowiodły, że po usunięciu jądra z plechy acetabularii pozostała część komórki żyła jeszcze jakiś czas. Ponadto pozbawione jądra fragmenty komórki regenerowały w pewnym stopniu swą plechę. Sporo nowych danych uzyskano również w trakcie krzyżowania poszczególnych gatunków acetabularii. Transplantowano trzonki, które nie wykształciły jeszcze kapelusza, jednego gatunku na chwytники z jądrem innego gatunku. Okazało się na przykład, że osobnik otrzymany po transplantacji bezkapeluszowego trzonka *A. mediterranea* na ryzoid z jądrem pochodzący z osobnika *A. wettsteinii* wykształcał kapelusz typowy dla *A. wettsteinii*. O nadrzędnej roli jądra w morfogenezie przekonano się stosując metodę implantacji jąder komórkowych. Do komórek jednego gatunku acetabularii

wprowadzano jądra należące do osobników innego gatunku. W implantantach wielojądrowych, o cechach plechy decydowały jądra występujące w przewodzie. Jeżeli w komórce pozostawały dwa różnogatunkowe jądra, osobnik wykształcał cechy pośrednie. Badania acetabularii dowiodły, że chloroplasty syntetyzują białka i różne kwasy nukleinowe, a poza tym pozwalają żyć przez dłuższy czas komórkom bez jądra [11].

Pełnym powodzeniem zakończyły się też uśiłowania zmierzające do znalezienia biologicznych sposobów określania wpływu zanieczyszczeń na organizmy wodne. W wyniku żmudnych starań powstał test glonowy, którego istotą są badania laboratoryjne standardowych szczepów glonów w warunkach gwarantujących prawidłowy rozwój danego organizmu. Do tego celu służą przede wszystkim zielenice z rodzaju *Chlorella*, *Dictyosphaerium*, *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Selenastrum*, *Chlamydomonas* i *Dunaliella*, okrzemki z rodzaju *Asterionella*, *Thalassiosira*, *Navicula* oraz *Nitzschia*, ponadto eugleniny z rodzaju *Euglena*. Należy przy tym dodać, że niektóre testy, jak na przykład Provisional Algae Assay Procedure (1969), znalazły szerokie zastosowanie w ocenach jakości wód w USA i Skandynawii. U nas dopiero niedawno zaczęto wykorzystywać próby glonowe, a nieco szersze ich użycie dotyczy jedynie kilku rzek na południu kraju [2].

Ustawicznie nasilająca się i wyraźnie dostrzegalna eutrofizacja wód ma ścisły związek ze znacznym dopływem różnych ścieków. W użyźnionych zbiornikach następują zakwity glonów, znajdujących tam świetne warunki rozwoju. W planktonie jezior i stawów często przeważa bruzdnica *Ceratium hirundinella* (O. F. Müll.) Bergh. Ze względu na wzrost jej liczebności i biomasy, może być ona wskaźnikiem pewnego etapu eutrofizacji wód [15].

W przyszłości człowiek nie zrezygnuje również z substancji antybiotycznych produkowanych przez glony. Do takiego wniosku dochodzimy po przestudiowaniu wyników badań mikroflory przewodu pokarmowego ptaków żyjących na Antarktydzie. Jej rozwój ulega zahamowaniu podczas zakwitu brunatnicy *Phaeocystis pouchetti*. Wydzielane przez nią ciała czynne są podobne do kwasu akrylowego i uniemożliwiają życie bakteriom oraz pasożytniczym grzybom, przyczyniając się tym samym do lepszego stanu zdrowotnego ryb. Nadają się również do konserwowania produktów spożywczych przechowywanych w puszkach. Można by więc ograniczyć ilość szkodliwych dla nas środków chemicznych dodawanych do różnych przetworów żywnościowych [18].

Okrzemki, wytwarzające w ciągu roku 50% materii organicznej naszej planety, absorbowały już od dawna profesjonalistów z wielu dziedzin nauki. Nagromadzenie krzemionkowych szkielecików tych jednokomórkowych glonów spotykamy najczęściej w postaci tzw. ziemi okrzemkowej lub diatomitu (odmiana bardziej zwięzła). Wymarłe taksony stanowią ważny wskaźnik środowiska sedymentacyjnego i stosunków batymetrycznych w zbiorniku. Służą też jako skamieliny przewodnie, odgrywają również pewną rolę w medycynie sądowej. Jeżeli podczas sekcji zwłok znajdujemy w narządach krążenia

znaczłą ilość okrzemek, to uzyskujemy dowód śmierci na skutek utonięcia [25]. Warto odnotować, że dzisiejsze oceny najstarszych okrzemek zmieniły się diametralnie dzięki badaniom polskich uczonych B. Kwiecińskiej i J. Siemińskiej oraz odkryciu przez nie okrzemek z podklasy *Pennatae* w zmetamorfizowanych wapieniach dewońskich. W tym miejscu należy przypomnieć, że ich najdawniejsze istnienie wiązano dotychczas ze starszą epoką okresu trzeciorzędowego – paleogenem. Za pomocą okrzemek zaczęto badać korelację trzeciorzędu Kalifornii, Japonii i Jawy, a w Polsce przeprowadzono próby określania zmian środowiska, stratygrafii i wzajemnego powiązania osadów współczesnych i czwartorzędowych [14].

Okrzemki planktonowe stanowią cenne pożywienie dla zwierząt wodnych, zwłaszcza bezkręgowych, będących z kolei pokarmem wielu kręgowców. Ich pancerzyki wchodzi również w skład guana, wartościowego nawozu naturalnego, zgromadzonego w ogromnych ilościach na wybrzeżach Ameryki Południowej. Ziemię okrzemkową używano dawniej do wyrobu dynamitu, a obecnie jest stosowana w procesie rafinacji cukru i jako izolator w specjalnych piecach wytwarzających wysoką temperaturę. Służy też do polerowania metali i karoserii samochodów, a ponadto wchodzi w skład past i proszków czyszczących zęby. Delikatna budowa ściany komórkowej niektórych gatunków, jak np. *Pleurosigma angulatum*, sprawiła, że glon ten został uznany za sprawdzian zdolności rozdzielczej mikroskopu [21]. Z uwagi na znaczną porowatość ziemia okrzemkowa nadaje się do produkcji szkła wodnego, farb, mydła, klarowania soków owocowych oraz melasy i gliceryny. Ma też zastosowanie do wyrobu cegieł, które nie przewodzą ciepła i są bardzo lekkie, a zmieszana z betonem zmniejsza jego masę [20]. Mało kto wie, że płytkami z ziemi okrzemkowej oblicowano kopułę słynnej bizantyjskiej świątyni Hagia Sophia w Stambule [26].

Zapewnienie niezbędnych składników pokarmowych gwałtownie wzrastającej ludności świata nie będzie zadaniem łatwym i dlatego działania zmierzające do rozwiązania tego palącego zagadnienia muszą uwzględniać wszelkie możliwości. Racjonalne wykorzystanie glonów może w znacznej mierze złagodzić niedobór żywności. Trzeba pamiętać, że jedna tona tych roślin zawiera 178 kg potasu, 16 kg azotu, 10 kg fosforanu i 3 kg jodku potasu. Wydajność z hektara dna morskiego dochodzi do 15 t zielonej masy glonów, podczas gdy z takiej samej powierzchni łąki otrzymujemy zaledwie 4 t trawy. Morskie plantacje to dziesiątki zbiorów rocznie – bez orki, bronowania i nawadniania. Dotychczas poznano 70 gatunków jadalnych, z których wyrabia się dziesiątki różnych potraw. Są one również wartościową paszą dla zwierząt domowych. Wystarczy zaznaczyć, że w skład koncentratu dla bydła hodowanego w rejonie Morza Białego wchodzi 80% glonów. Połów glonów na świecie wykazuje tendencje zwykłe i w roku 1972 wyniósł 890 tys. t, czyli o 37% więcej aniżeli siedem lat wcześniej [4]. Szczególnie przydatna i godna większego zainteresowania jest jednokomórkowa *Chlorella* zawierająca 56% białka, 7% tłuszczu,

30% węglowodanów, składniki mineralne, witaminy A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, D, K, karoten, kwas nikotynowy, foliowy i biotynę. W warunkach laboratoryjnych rozmnaża się intensywnie i potrafi spożytkować w czasie fotosyntezy od 12 do 20% energii słonecznej [10]. Prowadząc kulturę *Chlorelli* uzyskujemy dziennie z 1 m² – 10 g suchej masy, czyli w ciągu dwóch miesięcy z 1 ha – 60 q, z możliwością jej kontynuowania przez cały rok. Doświadczenia prowadzone w Japonii, USA i Holandii wykazały, że roczna produkcja 440 q z 1 ha nie będzie utopią, a przy hodowli wyizolowanej rasy może osiągnąć 2500 q [9]. Podobną wartość ma zielenica z rodzaju *Scenedesmus*. Potrawa sporządzona z 50 g suchego glonu ma tyle białka co kotlet wieprzowy ważący 150 g, a 100 g jej sproszkowanej masy stanowi dzienne zapotrzebowanie człowieka na substancje białkowe i witaminy. Niebagatelne jest to, że można ją wytworzyć w ciągu dnia na powierzchni 10 m². Są to wspaniałe widoki na otrzymanie taniego i wartościowego białka. Poza tym glony podwajają swą biomasę w ciągu sześciu godzin do dwóch dni, a więc o wiele szybciej aniżeli inne rośliny. Teoretyczne obliczenia dowodzą, że uprawa *Chlorelli* na obszarze dwóch milionów akrów, tj. 1/15 powierzchni Anglii, dostarczyłaby białka dla całej ludności globu ziemskiego [1].

W krajach Dalekiego Wschodu, Ameryki Południowej i sporadycznie w niektórych częściach Europy (Szkocja, Irlandia, Francja) glony już od dawna wchodzi w skład pokarmu człowieka. Należy jednak pamiętać, że są to przeważnie organizmy morskie, nie nadające się do hodowli w tych połaciach naszej planety, gdzie niedobór żywności jest dotkliwie odczuwany. Z tego względu zwrócono uwagę na taksony jednokomórkowe i zaczęto opracowywać metody ich wykorzystywania dla celów spożywczych. Droga żmudnych i długotrwałych wysiłków osiągnięto wysoki poziom technologii uprawy glonów, lecz zanim to nastąpiło trzeba było pokonać wiele trudności. W pierwszym rzędzie należało zidentyfikować taki szczep, który przy znikomej ilości pożywki i energii świetlnej wytwarza najwięcej biomasy. W trakcie doświadczeń ustalono, że wydajność wiąże się ściśle z wyzyskaniem światła słonecznego. Optymalnym sposobem jest hodowla w ogromnych, płaskich zbiornikach, ponieważ wtedy energia słoneczna dociera do wszystkich komórek, co gwarantuje wydajną fotosyntezę. Poza tym glonom trzeba dostarczyć dwutlenek węgla oraz sole mineralne zawierające azot, fosfor, siarkę, wapń, magnez, potas, sód, żelazo, jak też pierwiastki śladowe (miedź, mangan, molibden, bar i inne) [1].

Plechy brunatnic nadają się do użyźniania pól i służą jako pokarm dla zwierząt. W Norwegii, Wielkiej Brytanii i Francji są eksploatowane takie gatunki, jak *Fucus vesiculosus*, *F. serratus* i *Ascophyllum nodosum*, a w Ameryce Północnej różne taksony *Laminariales*. Natomiast w Nowej Zelandii największe znaczenie ma *Macrocystis pyrifera*, *Lessonia variegata* oraz *Ecklonia radiata*. Karmę dla bydła dostarcza przede wszystkim *Fucus serratus*, *Chorda filum*, *Laminaria digitata*, *Ascophyllum nodosum* i *Alaria*. W specjalnych fabrykach wytwarza się treściwą paszę w formie mączki lub prasowanych cegiełek [21].

Przypominając o coraz większym spożyciu glonów przez człowieka, należy pamiętać o ich specyficznej budowie chemicznej. Węglowodany wchodzące w skład tych organizmów stanowią polimery kwasów uronowych albo są to wielocukrowce, w których cząsteczki glukozy wiążą się za pomocą pierwszego i trzeciego atomu węgla, gdy u innych roślin — zawsze przy współdziałaniu pierwszego i czwartego (celuloza, skrobia). Nasz organizm z trudem przyswaja węglowodany skondensowane w glonach, ponieważ nie posiadamy odpowiednich enzymów trawiennych. Przydatność brunatnic może być oceniana na podstawie nagromadzenia w nich sporych ilości witamin A, B, B₂, B₁₂, C, D, i E oraz soli mineralnych. Wystarczy podkreślić, że listownice zawierają 200 razy więcej miedzi, 500 razy więcej magnezu i fosforu, a 20 do 30 tys. razy więcej jodu niż woda morska. Konkludując trzeba stwierdzić, iż w przyszłości glony morskie znajdą jeszcze poważniejsze zastosowanie w żywieniu zwierząt domowych. Już obecnie na niektórych obszarach nadmorskich brunatnice są jedynym pokarmem owiec [9].

W amerykańskim miasteczku Beaufort, stan Karolina Północna, wybudowano w latach siedemdziesiątych pierwszą na świecie przetwórnię brunatnic z Morza Sargassowego. Zakład produkuje kwas alginowy, surowce dla przemysłu farmaceutycznego i bardzo ceniony preparat powodujący wzrost roślin. Działa on w pierwszym rzędzie na krzewy jagodowe. Odpady pozostające po przeróbce glonów stanowią karmę dla bydła. Badania dowiodły, że z brunatnic żyjących w wymienionym morzu jesteśmy w stanie wytwarzać 170 różnych artykułów, m.in. nieodzowny komponent do preparatu przeciwdziałającego korozji metali.

Na czołowym miejscu uplasowały się również krasnorosty (*Rhodophyta*) liczące około 4 tys. gatunków. Już od dawna bywają używane jako ściółka i nawóz, a zmielone ciała *Lithothamnion* i *Lithophyllum* służą do wapnowania gleby. Niebagatelną rolę odgrywają też w przemyśle spożywczym. Wystarczy nadmienić, że w Japonii odpowiednio przetworzone plechy *Porphyra tenera* znajdują szerokie zastosowanie w różnych produktach konsumowanych przez ludzi. Wartościowym surowcem jest karragen otrzymywany z chrząstki kędzierzawej (*Chondrus crispus* L.). Uzyskiwane z niego galaretowate substancje są jadalne, a poza tym wykorzystywane w przemyśle włókienniczym, papierniczym i kosmetycznym. Krasnorosty zawierają ponadto dużo cennych witamin, szczególnie B₁, B₂, B₁₂, i C. Oprócz tego niektóre gatunki dostarczają materiału do wyrobu specyfików medycznych. Z plech *Alsidium helminthochorton* wytwarza się leki przeciw robakom, u innych — *Chondrus crispus*, *Iridophycus flaccidum* oraz *Delesseria sanguinea* wykryto substancje zapobiegające krzepnięciu krwi, a w obrębie rodzaju *Polysiphonia* znaleziono związki działające bakteriostatycznie [21]. Największe znaczenie ma jednak agar-agar, co w języku malajskim oznacza glony należące do rodzaju *Eucheuma*. Jest to masa podobna do żelatyny, która rozpuszcza się w wodzie o temperaturze około 100°C, a ulega zestaleniu w galaretę w temp. poniżej 50°C. W jej skład

wchodzą przede wszystkim węglowodany (galaktoza). Do wyrobu agar-agaru służą wyłącznie krasnorosty. W Sri Lance otrzymuje się go ze smuklicy porostowatej (*Gracilaria lichenoides*), w Indii i na Archipelagu Malajskim z krasnatki (*Eucheuma muricaum*), w Japonii z galaretówki Amansa (*Gelidium amansii*), zaś w Ameryce Północnej z galaretówki chrząstkowatej (*Gelidium cartilagineum*). Oczyszczone z piasku glony płucze się w wodzie i suszy na słońcu, a następnie gotuje. Uzyskany po ochłodzeniu galaretowaty wyciąg jest dostarczany do sprzedaży w postaci krążków, kostek lub proszku. Jego użyteczność w różnych dziedzinach nie ulega zmniejszeniu i dlatego zapotrzebowanie stale wzrasta. Stanowi świetną pożywkę w kulturach bakterii, a ponadto ma zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. W cukiernictwie odgrywa wielką rolę przy wyrobie galaretek, dżemów i nadziewanych czekoladek, zwłaszcza „ptasiego mleczka” oraz podczas stabilizacji kremów i lodów [20].

Przed drugą wojną światową największym eksporterem agar-agaru była Japonia. Po roku 1941 źródło to zostało odcięte i wówczas zaistniała konieczność budowy nowych fabryk w Europie, Ameryce i na Nowej Zelandii. Zaczęto przerabiać inne gatunki krasnorostów występujących w pokaźnych ilościach w morskich płycznach i poławianych na pełnym morzu, głównie u wschodnich wybrzeży Ameryki Północnej [19].

Należy przypomnieć, że w roku 1964 powstał również w Pucku Zakład Doświadczalny Przetwórstwa Wodorostów Morskich wytwarzający agar-agar z widlika (*Furcellaria fastigiata*), którego pokaźne zasoby odkryto w Zatoce Puckiej. Eksploatacja nie trwała jednak długo, gdyż glony te zostały zniszczone z powodu zanieczyszczeń wód Morza Bałtyckiego [16]. Podobny los dotknął krasnorosta *Hildenbrandia rivularis* występującego w potokach karpackich i pomorskich. Charakteryzował się on tym, że pokrywał kamienie krwistymi plamami naskorupień. Ponadto nieoczyszczone ścieki wyeliminowały z wielu naszych wód kilkunastocentymetrowe plechy gatunków *Batrachospermum*. Z tych samych powodów nie spotykamy już dziś w Noteci poniżej Nakła skupień karminowych rzadkiego krasnorosta *Bangia atropurpurea* [22].

Zainteresowanie glonami potęguje się z roku na rok, ponieważ człowiek dostrzega wyraźnie ogromne znaczenie użytkowe tych roślin i obiecujące możliwości pokaźnych zysków w przyszłości. Nie może nas zrażać fakt, że produkty fotosyntezy są u nich zawarte w komórce, a ściany komórkowe uniemożliwiają ich strawienie. W obecnym stanie technologii rozwiązanie tego problemu nie będzie trudne. Największe nadzieje rokuje *Chlorella*, która znajdzie zastosowanie w podrózach kosmicznych w postaci źródła nieodzownego pokarmu astronautów i jako organizm pobierający podczas asymilacji dwutlenek węgla wydychany przez ludzi i wydzielający tlen. Inne glony dostarczą niezbędnych surowców dla różnych dziedzin przemysłu, a rolnicy w większym stopniu uwzględnią glony do nawożenia pól. Trzeba pamiętać, że są one wolne od zarodników grzybów i nasion chwastów. Wydzielany przez

nie tlen wzbogaca glebę, a asymilowany przez niektóre gatunki azot znacznie ją użyźnia. Zwiększy się również ich przeróbka na wysokowartościową paszę zapobiegającą schorzeniom zwierząt domowych. Fykologia ma więc przed sobą lata pełnego rozwoju, szczególnie w sensie praktycznym.

LITERATURA

1. Barbusiński K. — *Głony źródłem pokarmu*. Wszechświat 2, 1988, s. 35-37.
2. Bednarz T. — *Testy glonowe w badaniach zanieczyszczeń wód*. Wszechświat 4, 1984, s. 82-83.
3. Bernatt S. — *Korzyści z Morza Sargassowego*. Wszechświat 2, 1978, s. 49-50.
4. Bunicz P. G. — *Ekonomia mirowego okieana*. Izd. Nauka, Moskwa 1977, s. 93.
5. Byczkowska-Smyk W. — *Głony pospolitymi alergenami*. Wszechświat 2, 1972, s. 52.
6. Byczkowska-Smyk W. — *Jak glony przeżywają wysuszenie?* Wszechświat 12, 1975, s. 317.
7. Chyb S. — *Bakteriożerne glony*. Wszechświat 12, 1986, s. 299.
8. Cierniak J. — *Toksyczne oddziaływanie glonów na organizmy ludzkie*. Wszechświat 1-2, 1979, s. 30-32.
9. Duvigneaud P. — *Biosfera jako środowisko człowieka* (tłum. z francuskiego). PWRiL, Warszawa 1975, s. 208, 209, 223.
10. Dymińska M. — *Rośliny zawierające kwas foliowy i chlorofil*. Wszechświat 6, 1975, s. 153-155.
11. Gołaszewski T. — *Acetabularia—niezwykły glon morski*. Wszechświat 2, 1970, s. 32-33.
12. Gumiński S. — *Fizjologia glonów i sinic*. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1990, s. 160-161.
13. Kadłubowska Z. — *Zarys algologii*. PWN, Warszawa 1975, s. 99, 452, 460.
14. Kotlarczyk J. — *Okrzemki w nauce, przemyśle i ochronie środowiska*. Wszechświat 3, 1975, s. 57-62.
15. Krupa D. — *Planktonowa bruzdnica — Ceratium hirundinella O. F. Müll. (Bergh.) — gatunek wskaźnikowy dla postępującej eutrofizacji jezior*. Wszechświat 1, 1986, s. 10-13.
16. Łomniewski K., Mańkowski W., Zaleski J. — *Morze Bałtyckie*. PWN, Warszawa 1975, s. 327.
17. Mrowca Cz. — *Eksplozja ekologiczna zielenicy gałęzki kłębiastej w Wielkich Jeziorach Ameryki Północnej*. Wszechświat 11, 1981, s. 257-258.
18. Niewolak S. — *Ekologiczne znaczenie substancji antybiotycznych wydzielanych przez glony*. Wszechświat 7-8, 1973, s. 194-196.
19. Pajor W. J. — *Znaczenie przemysłowe glonów*. Wszechświat 3, 1972, s. 75.
20. Podbielkowski Z. — *Głony*. PZWS, Warszawa 1967, s. 7, 129, 156, 157, 162, 163, 181, 182, 187, 188.
21. Podbielkowski Z., Rejment-Grochowska I., Skirgiełło A. — *Rośliny zarodnikowe*. Wyd. II zmienione. PWN, Warszawa 1979, s. 11, 33, 41, 42, 72, 107, 111, 179, 185, 232, 238, 247, 322, 338, 341.
22. Siemińska J. — *Stopień poznania flory glonów Polski i jej zmiany pod wpływem działalności człowieka*. Wszechświat 11, 1977, s. 301-302.
23. Szweykowska A., Szweykowski J. — *Botanika*. Wyd. III PWN, Warszawa 1976, s. 91, 309, 310.
24. Thurman H. V. — *Zarys oceanologii*. Wyd. Morskie, Gdańsk 1982, s. 371, 374.
25. Wośko G. — *Okrzemki a medycyna sądowa*. Wszechświat 10, 1978, s. 256, 257.
26. *Žizn rastenij* (praca zbiorowa) t III Moskwa 1977. Izd. Proswieszczenije, s. 64, 65, 359.

KOSMOS, 1991, 40 (2-3): 237-242

WŁODZIMIERZ MICHAJŁOW

Warszawa

EKORÓZWÓJ – IDEOLOGIA PRZYSZŁOŚCI?

Termin „ekorozwój” robi ostatnio karierę. używany jest w dyskusjach, oficjalnych wystąpieniach mężów stanu, w wypowiedziach decydentów różnych szczebli, a także w literaturze naukowej na temat ochrony środowiska i bezpieczeństwa ekologicznego. Warto więc przypomnieć historię jego powstania, aktualną definicję, a także zastanowić się nad obecnym znaczeniem i perspektywami praktycznej realizacji tego pojęcia, a być może — programu społecznego działania zarówno w poszczególnych krajach, jak i w skali globalnej.

Nad problematyką rozwoju — choć może nie używając tego terminu — dyskutowano już podczas Konferencji Sztokholmskiej ONZ w roku 1972, jednak pojęcie to po raz pierwszy sprecyzowano i obszerniej omówiono podczas 3. dorocznej Sesji Programu ONZ do Spraw Środowiska (UNEP) w Nairobi (7 IV-2 V 1975). Temat ten wywołał ożywioną dyskusję. Choć reprezentował on nowe podejście do nabrzmiałych już wówczas spraw ochrony środowiska, to w różnych krajach niejednakowo odczuwano jego potrzebę. W wyniku dyskusji i obrad w sekcjach ustalono wówczas, że istotne i ważne pojęcie ekorozwoju oznacza taki przebieg nieuchronnego i pożądanego rozwoju gospodarczego i cywilizacyjnego, który by nie naruszał w sposób istotny (a często nieodwracalny) stanu środowisk życia człowieka, nie prowadził do degradacji biosfery naszej planety, natomiast uwzględniał i godził działania praw przyrody i ekonomii, natury i kultury. Idea ekorozwoju, przedstawiona wówczas we wnioskach Sesji w bardzo ogólnym zarysie, była w następnych latach omawiana na licznych międzynarodowych spotkaniach, poświęconych sprawom ochrony środowiska. W Polsce, podczas Międzynarodowej Konferencji na temat: „Nowe rozwiązania instytucjonalne w ochronie środowiska”, która odbyła się we wrześniu 1990 r. w Białowieży, przyjęta została „Deklaracja ekorozwoju”¹⁾. Bardzo znamieny jest fakt, że według przesłanych już wstępnych zawiadomień — w okresie od 1 do 12 czerwca 1992, a więc 20 lat po konferencji w Sztokholmie, ma odbyć się konferencja ONZ poświęcona sprawom środowiska. Będzie ona zorganizowana w Brazylii (Rio de Janeiro) i odbędzie się pod hasłem „Środowisko i rozwój”. Zarówno hasło to, jak i zarysowany już dwięćciopunktowy program obrad konferencji, nawiązują do problematyki

ekorozwoju. W programie mówi się także o powiązaniach między sprawami ekonomii i ekologii stosowanej. Konferencji będzie przewodniczyć dr Maurice Strong, Kanadyjczyk, który w roku 1972 przewodniczył w Sztokholmie i następnie do roku 1975 był dyrektorem wykonawczym UNEP. Obecnie odbywają się różne prace przygotowawcze, jak np. obrady zespołu organizacyjnego konferencji (w marcu 1990 r. w Nowym Jorku) lub międzynarodowa konferencja organizacji społecznych w Vancouver (Kanada) w marcu 1990 r.

W dyskusjach używa się niekiedy zamiennie terminu ekorozwój z „polityką środowiskową” lub „polityką ekologiczną”. Moim zdaniem nie jest to słuszne. Określoną politykę środowiskową (lub ekologiczną) realizują obecnie właściwie wszystkie państwa, gdyż narzuca ją zróżnicowana geograficznie, społecznie i politycznie sytuacja w różnych obszarach świata. Polityka ta może być zła albo dobra: dobra — a więc teoretycznie uzasadniona oraz wcielana w życie konsekwentnie — polityka środowiskowa powinna zawsze dążyć do realizacji ekorozwoju i byłby to niewątpliwie wielki sukces. Rzecz jednak w tym, że pojęcie ekorozwoju nie pokrywa się nawet z „dobrą” polityką środowiskową, choć może być jej podstawą. W przeciwieństwie bowiem do polityki środowiskowej, ekorozwój — jako koncepcja — nie może być zły, nieudany, lecz zawsze w założeniu jest dobry, a więc jest czymś więcej od polityki środowiskowej. Nie oznacza to jednak, że problematyka ekorozwoju nie styka się w określony sposób z zagadnieniami czysto politycznymi. Wręcz przeciwnie. Na temat związku spraw ochrony środowiska np. z ustrojem społeczno-politycznym dyskusja toczy się od lat. Debatowano na ten temat m.in. podczas specjalnej konsultacji ekspertów i zaproszonych gości przez M. Stronga do Aspen (USA) w sierpniu 1973 r., przy omawianiu założeń przyszłej pracy UNEF. W toku dyskusji prof. A. Engetrom (Szwecja) przedstawił pogląd, że całkowitą i skuteczną ochronę środowiska może zapewnić jedynie ustrój socjalistyczny. Dyskutując stwierdziłem wtedy, że wobec stosowania jednakowych środków produkcji i technologii, podobieństwa zagrożeń środowiska występujących w obu rywalizujących ze sobą wówczas na świecie systemach społeczno-politycznych, nie teoria, lecz praktyka przyniesie rozstrzygnięcie tego problemu. Po wielu latach, w których toczyły się dyskusje na ten temat w różnych gronach na świecie, dopiero życie przyniosło istotną odpowiedź. W krajach należących do niedawna do tzw. obozu socjalistycznego stan środowiska uległ co najmniej takim samym niekorzystnym przeobrażeniom, jak w krajach socjalistycznych. Dzięki „głasności” dowiedzieliśmy się o tak wielkich katastrofach ekologicznych w ZSRR, jak np. zagłada Morza Aralskiego lub wielkie zanieczyszczenie jeziora Ładoga. Myślę więc, że nie chodzi tu o „zwycięstwo” teorii konwergencji rozwoju kapitalizmu i socjalizmu, lecz po prostu o niedostateczną wiarygodność koncepcji ekorozwoju we wszystkich ustrojach społeczno-politycznych współczesnego świata i o konieczność istotnej zmiany panującego lub naśladowanego modelu cywilizacji, który w istocie rzeczy cechuje rabunkowa gospodarka dobrami przyrody.

Spotykałem się niekiedy z terminem „filozofia ekorozwoju”. Pomijając to, że termin „filozofia” stosuje się często niewłaściwie do różnych zjawisk i dziedzin (np. „filozofia rynku” lub „filozofia komunikacji”), prawdziwe, klasyczne pojęcie filozofii nie da się zastosować do ekorozwoju z wielu względów. To prawda, że upowszechnianiu się pojęcia ekorozwoju towarzyszyło stopniowe przewyżnianie (przynajmniej w teorii) niemal powszechnego dawniej poglądu, że postęp cywilizacyjny i gospodarczy w sposób nieuchronny prowadzić musi do degradacji środowiska, że — jakoby — można ujarzmić przyrodę, lekceważąc i gwałcąc jej prawa. Taki specyficzny woluntaryzm przyrodniczy, towarzyszący często woluntaryzmowi ekonomicznemu, poniósł porażkę i jest w odwrocie. Można to stwierdzić na podstawie literatury poświęconej sprawom ochrony środowiska.

Nie można jednakże traktować ekorozwoju jako swoistej filozofii czy koncepcji filozoficznej. Ekorozwój nie zgadza się bowiem z klasycznym określeniem filozofii: nie stawia sobie za cel poznania i objaśniania istoty bytu i praw rządzących przyrodą i człowiekiem — jest koncepcją szczegółową, dotyczącą stosunku społeczeństw ludzkich do przyrody. Będąc wyrazem pewnego zespołu przekonań, ma głównie służyć jako podstawa praktycznego działania i społecznego postępowania.

Skląniam się raczej do tego, aby ekorozwój zaliczyć do kategorii ideologii społecznych. Jednakże wcześniej należałoby się zastanowić, jakie obecnie przeszkody stoją na drodze do praktycznej realizacji zasady ekorozwoju na świecie i jakie natomiast zjawiska sprzyjają temu i będą sprzyjać w perspektywie.

Wypada zacząć od zjawisk negatywnych, „antyekorozwojowych”. Jest oczywiste, że model cywilizacji, którą można nazwać techniczno-przemysłową, jest jednym ze źródeł narastającego kryzysu ekologicznego świata. Także zmiana tego modelu (nieuchronna — moim zdaniem — w przyszłości) nie może nastąpić w krótkim czasie. Jest to skomplikowany i długotrwały proces historyczny. Nie zaniedbując więc żadnych obecnie istniejących możliwości ochrony środowiska, należy tworzyć koncepcje stopniowej, ale radykalnej zmiany modelu nowoczesnej cywilizacji, która odpowiadałaby wymaganiom ekorozwoju. Niestety jest wiele przeszkód, bardzo istotnych. Wobec bezpośredniego niszczenia środowiska życia współczesnego człowieka, na pierwszy plan wysuwa się problem konfliktów wojennych. Toczą się one nieustannie od zakończenia wielkiej II wojny światowej (w 1945 r.), w różnych częściach świata. Ich ekologiczne skutki są powszechnie znane, a szczególnie ostro ujawniają się one w przypadku stosowania tzw. broni ekologicznej. Stosowana w swoim czasie przez USA w Wietnamie, pozostawiła nie zatarte do dziś skutki. Do powstałego wówczas pojęcia „ekocydu” — czyli prowadzenia wojen z użyciem tzw. broni ekologicznej, a więc środków niszczących środowisko, np. defoliacja lasów środkami chemicznymi — doszedł ostatnio termin „ekoterroryzm”, kwalifikujący w ten sposób zatrucie przez Saddama Husajna wód

Zatoki Perskiej ropą naftową i atmosfery przez podpalenie szybów naftowych. Chmury powstałe z dymów palących się szybów dotarły aż do Himalajów i powodują ich zanieczyszczenie, gaszenie zaś płonących szybów przy użyciu rozgrzewającej się wody zmieniło duże obszary pustyni w sposób właściwie nie przewidziany i nieodwracalny. To, co się stało w Zatoce Perskiej jest niewątpliwie największą katastrofą ekologiczną współczesnych czasów.

Ostatnio często stawiane jest pytanie: jakie skutki dla środowiska powstaną w wyniku rozbrojenia i niszczenia zapasów broni (np. broni chemicznej). Ale nie tylko bezpośrednie działania wojenne, lecz także ich przygotowanie zagrożają środowisku. Prawie sześć procent produkcji światowej przeznaczają się obecnie na zbrojenia. Istnieją obliczenia, co za tę sumę można by zrobić dla ochrony i poprawy środowiska na świecie, a więc ekorozwoju.

Nacjonalizm, objawy fanatyzmu, które występują obecnie na świecie, są nie tylko przyczyną wojen i starć niszczących środowisko, ale też stanowią poważną przeszkodę we współpracy regionalnej, kontynentalnej, a nawet globalnej w dziedzinie ochrony środowiska, są przeszkodą w ekorozwoju, którego jedną z bardzo istotnych cech jest konieczność współpracy, wspólnego i zgodnego działania wszystkich krajów i społeczeństw świata. Można zadać sobie pytanie: jaki jest stosunek idei ekorozwoju do nurtów ideologicznych obecnego świata? Jeżeli chodzi o religie, to nie ulega wątpliwości, że co najmniej chrześcijaństwo i judaizm na pewno nie są w sprzeczności z ideologią ekorozwoju. Stosunek do niej innych religii, np. buddyzmu czy islamu, wymaga chyba bliższego zbadania.

Wymieniliśmy wyżej jedynie główne przeszkody na drodze realizacji ideologii ekorozwoju. Obecnie wypada zająć się zjawiskami, które będą lub obecnie — w większym lub mniejszym stopniu — jej sprzyjać. Przede wszystkim chodzi o upowszechnianie w świadomości ludzi samej idei ekorozwoju. Znamienne jest, że poświęca się jej sporo uwagi we wszystkich niemal programach politycznych, nie mówiąc już o powstawaniu tzw. partii „zielonych”. W coraz większym stopniu przyczyniać się będą do tego programy szkolnictwa, a więc kształcenie formalne, podobnie nieformalne poprzez np. środki masowego przekazu, w których sprawy ochrony środowiska zajmują coraz ważniejszą pozycję. Wszystko to powinno wpływać na świadomość, a więc także na czyny, postawę i decyzje decydentów. Powstały już i powstają nadal resorty, fundacje, zarządy, kluby ochrony środowiska. Niezliczone narady i konferencje o zasięgu krajowym i międzynarodowym świadczą o tym, że społeczeństwa uświadamiają sobie coraz bardziej, że chodzi tu o „być albo nie być”, o uniknięcie globalnej zagłady, o przeżycie. Intensyfikuje się w tej dziedzinie działanie międzynarodowych organizacji pozarządowych (jak Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody) i międzyrządowych z organizacją Narodów Zjednoczonych do Problemów Środowiska (UNEP). Problemy ekorozwoju będą na pewno rozpatrywane na konferencji ONZ w Rio de Janeiro. W związku z szybkim postępem nauki można spodziewać się lepszych perspektyw zmian modelu cywilizacyjnego i realizacji idei ekorozwoju w skali globalnej. Można się

spodziewać, że komputeryzacja i rozwój informatyki doprowadzą do znacznego ograniczenia i — być może — całkowitej eliminacji najbardziej groźnych dla środowiska metod eksploatacji zasobów przyrody. Perspektywa uzyskania nowych źródeł energii stwarza warunki do zaprzestania niszczenia nieodnawialnych zasobów i zmniejszenia szkodliwego oddziaływania przemysłu na środowisko życia człowieka.

Postępy w genetyce i biotechnologii dokonają w przyszłości prawdziwego przewrotu w rolnictwie, choćby przez znaczne ograniczenie szkodliwego i nadmiernego stosowania nawozów chemicznych, pestycydów i herbicydów. Również inne osiągnięcia współczesnej nauki będą zwiększać możliwość realizacji idei ekorozwoju i zmiany dominującego obecnie modelu cywilizacji. Będzie to jednak, jak można sądzić, proces długotrwały. Obecna polityka ekologiczna, w skali światowej, powinna polegać na likwidacji zjawisk najbardziej groźnych obecnie dla środowiska. Osiągnięcie pokoju i wygaszanie ognisk napięć i wojen regionalnych — to warunek postępu w dziedzinie realizacji idei ekorozwoju.

W świetle powyższego można stwierdzić, że ekorozwój rzeczywiście stanowi swoistą ideologię, i to taką, która nabiera coraz większego znaczenia i ma przed sobą wielką przyszłość. Pozostaje jeszcze pytanie, czy ideologia ekorozwoju może zastąpić w świadomości ludzkiej inne ideologie? I to teraz właśnie, kiedy mówi się o ogólnym kryzysie ideologii na świecie. Oczywiście, jest to zupełnie nierealne. Podobnie jak przypuszczenie, że w przyszłości ekorozwój ma się stać „superideologią”. Jako specyficzny rodzaj ideologii powinien natomiast wejść do każdej ideologii zmierzającej ku służeniu ludzkości. Można też przypuszczać, że znaczenie ekorozwoju jako jednego ze składników każdej ideologii służącej ogólnemu dobru będzie stale rosło, znajdując poparcie w instynkcie samozachowawczym człowieka. Realizowany w różny sposób — w zależności od warunków geograficznych, przyrodniczych, społecznych i politycznych w różnych krajach — winien iść w kierunku zapewnienia przyszłego bytu ludzkości oraz godzenia rozwoju gospodarczego i ekonomicznego z racjonalnym i naukowo uzasadnionym korzystaniem z sił przyrody i zasobów naszej planety — Ziemi.

ELŻBIETA PROMIŃSKA

Zakład Krajów
Pozacuropejskich PAN
Warszawa

O PRZYCZYNACH CHORÓB

Co najmniej do połowy XIX wieku uważano chorobę za następstwo braku harmonii między osobą chorą a jej środowiskiem, za zachwianie równowagi między poszczególnymi elementami organizmu, które zresztą różnie nazywano. Chińczycy mówili o *yin* — czynniku żeńskim, biernym, ujemnym, związanym z prawidłocią, ciemnością i ziemią, i *yang* — czynniku męskim, dodatnim, wyrażającym prąciepło, praświatło, niebo. Hipokrates pisał o równowadze czterech humorów, tj. płynów ustrojowych: krwi, śluzu, żółci i czarnej żółci. Gdy ciecze są „w porządku”, żadnej z nich nie jest za dużo ani za mało, wtedy człowiek jest zdrów, natomiast nadmiar lub niedobór którejkolwiek z nich prowadzi do choroby.

Pod koniec XIX w. Ludwik Pasteur i Robert Koch wykazali za pomocą eleganckich eksperymentów laboratoryjnych, że można powodować chorobę wprowadzając do ustroju pojedynczy, specyficzny czynnik, jakim są „jadowite” drobnoustroje. Wspaniałe osiągnięcia bakteriologii spowodowały, że w medycynie zaczęła dominować obowiązująca do dziś doktryna o specyficznej etiologii chorób. Obok bakterii czy wirusów do przyczyn chorób zalicza się zaburzenia w procesach przemiany materii, ilości wydzielanych hormonów, przekazu sygnałów w drogach nerwowych, stresy i inne. Stara koncepcja dysharmonii między człowiekiem i jego środowiskiem brzmi naiwnie, zwłaszcza w porównaniu z precyzją i jasnością nowoczesnej nauki medycznej.

Niewątpliwie teoria bakteryjnej etiologii chorób odegrała ogromną rolę w postępach wiedzy, a jej osiągnięcia teoretyczne i praktyczne są podstawą dzisiejszej medycyny. Jednak nawet z najbardziej spektakularnymi osiągnięciami nauki co do specyficznej etiologii chorób są kłopoty. Rozważmy na przykład problem gruźlicy, która dostarczyła najbardziej efektownego argumentu na rzecz specyficznej etiologii chorób. W momencie, gdy Robert Koch wykazał obecność prątka we wszystkich badanych tkankach gruźliczych i mógł wywoływać do woli gruźlicę doświadczalną, wstrzykując niewielką ilość prątków świnkom morskim, królikom i innym zwierzętom, wydawało się, że sprawa jest zupełnie jasna i zamknięta. A jednak Koch i jego następcy nie wzięli pod uwagę jednego ważnego aspektu całej sprawy, tego mianowicie, że zakażona gruźlicą była wówczas (tak jak zresztą jest i dzisiaj) większość ludzi. Noszą oni w swych organizmach żywe prątki, a mimo to są zdrowi.

Słynny jest eksperyment niemieckiego higienisty Maxa Pettenkofera, który był wielkim wrogiem bakteryjnej teorii chorób. Otóż uczony ten wypił spory kielich zawiesiny żywych przecinkowców cholery, izolowanych od zmarłych na tę chorobę. Nie spowodowało to u niego żadnej choroby. Eksperyment ten powtarzali później i inni z podobnym skutkiem. W stolcach tych ludzi znajdowano olbrzymie ilości przecinkowców cholery, które nie wpływały jednak na stan zdrowia zakażonych. Później ochotnicy połykali również i inne silnie zakaźne bakterie bez ujemnych skutków.

Trzeba pamiętać, że większość chorobotwórczych drobnoustrojów jest szeroko rozpowszechniona, a mimo to choruje tylko niewielka część ludzi stykających się z nimi, czy wręcz posiadających je w swoim organizmie.

Przeprowadzone w różnych częściach świata badania wykazały np., że ok. 30-50% zdrowych ludzi posiada w gardle i nosie gronkowce, z migdałków zdrowych ludzi udało się też wyizolować adenowirusy.

Gdy w Polsce zaczęły się kontakty z krajami rozwijającymi się, u wielu osób wracających z tropików stwierdzono występowanie złośliwej ameby. Później zaczęto badać osoby wyjeżdżające i okazało się, że ameba posiadała zadziwiająco dużą liczbę osób, które nie cierpiały na amebiozę. Podobne wyniki uzyskano w Stanach Zjednoczonych i innych krajach.

Ciekawy jest przykład opryszczki zwykłej. Wirusem tej choroby zaraża się w dzieciństwie, później zaś żywy czynnik chorobotwórczy jest stale obecny w organizmie i tylko przy zaburzeniu równowagi, takim jak np. oziębienie, występuje choroba.

Istnieją bakterie, z którymi człowiek żyje w symbiozie, ku obopólnej korzyści. Takim przykładem jest pałeczka okrężnicy. Jej brak w przewodzie pokarmowym (np. po leczeniu antybiotykami) powoduje u człowieka wtórne awitaminozy i może prowadzić do nadmiernego mnożenia się innych bakterii i związanych z tym chorób. Czasami jednak pałeczka ta mnoży się nadmiernie, stając się przyczyną choroby lub nawet śmierci człowieka.

Zachodzi bowiem zasadnicza różnica między sytuacją eksperymentalną a warunkami naturalnymi. Eksperymentator, by odkryć czynnik chorobotwórczy, poznać jego cechy i poszukiwać metod zwalczania, musi tworzyć modele, dobierać odpowiednie gatunki zwierząt, dawki czynnika zakażającego i taką drogę jego wprowadzenia, by zawsze osiągać niedwuznaczne wyniki, by możliwie wyeliminować elementy zaciemniające obraz aktywności czynnika, który pragnie badać. Natomiast w warunkach naturalnych zazwyczaj wiele elementów odgrywa rolę w powstawaniu procesu chorobowego. Choroba świnki morskiej, zakażonej parenteralnie dużą dawką prątków gruźlicy, nie jest kopią naturalnej choroby gruźliczej człowieka, a nawet — jak to formułuje prof. Tadeusz Kielanowski — może być wręcz jej karykaturą.

Choroba zakaźna nie zawsze jest bezpośrednim następstwem agresji z zewnątrz. Z bakteriami i wirusami współżyjemy stale, pospolite są zakażenia bezobjawowe, nie stanowiące choroby.

Czy możemy więc powiedzieć np., że prątek Kocha jest przyczyną gruźlicy? Wiemy dobrze, że nie ma gruźlicy bez prątków, nagminna natomiast jest sytuacja odwrotna, tzn. istnienie żywych prątków w organizmie człowieka zupełnie zdrowego. O tym, że sprawa nie jest prosta niech świadczy fakt, że choć tak wiele wiemy o właściwościach prątka i znamy skuteczne leki przeciwprątkowe, to prof. Kielanowski napisał całą książkę na temat etiologii gruźlicy płuc, w której do przyczyn gruźlicy obok prątków zalicza czynniki tak trudno mierzalne i niejasne, jak nędza, stres, długotrwałe smutki, wszystkie działające na organizmy o indywidualnej podatności.

Jednym z podstawowych czynników regulujących współżycie organizmu ze środowiskiem jest odporność. Odgrywa ona ważną rolę w obronie przed chorobami, a wiele zjawisk z nią związanych zostało wykorzystanych w zapobieganiu i leczeniu chorób. Jednak w najszerszym pojęciu odporność należy do mechanizmów, które zapewniają każdemu wysoko zorganizowanemu ustrojowi jego odrębność i indywidualność strukturalną, a także czynnościową. Samodzielny byt żywego ustroju, ze względu na wysoką precyzję mechanizmów życiowych, wymaga unieszkodliwienia dostających się do niego obcych czynników biologicznych, które mogłyby zakłócić normalny przebieg procesów metabolicznych organizmu poprzez współzawodnictwo chemiczne lub innego rodzaju oddziaływania. Im bardziej skomplikowany jest metabolizm organizmu, tym łatwiej o jego zakłócenie, stąd w miarę rozwoju filogenetycznego (rodowego) ewolucyjnie doszło do wytworzenia się u zwierząt wyższych całego układu chroniącego integralność żywego ustroju przez niszczenie obcych biologicznie substancji dostających się do organizmu.

Pierwsze obserwacje zjawisk odpornościowych wywodzą się z bardzo wcześnie zauważonego faktu, iż przebycie niektórych chorób zakaźnych chroni przed powtórным zachorowaniem na tę samą chorobę. Szczególnie wyraźnie występowało to zjawisko w odniesieniu do tak ciężkiej choroby jak ospa. Nawet podczas epidemii żaden człowiek z „dziobami” na twarzy nie chorował na ospę. Stąd zrodziła się idea, by, nie czekając na niebezpieczne zakażenie naturalne, spowodować uprzednio mniej groźne sztuczne zakażenie przez wprowadzenie osobnikom zdrowym treści z krost chorych na ospę. Pierwszych tego rodzaju prób dokonała Lady Mary Wortley Montagu w roku 1721, szczepiąc dzieci doskórnie ropy z krost łagodnych przypadków ospy. U większości dzieci występowały łagodne objawy choroby, po czym następowała odporność. Metodę takich szczepień znano już od wielu setek lat w Chinach. Dopiero jednak badania Jennera z końca XVIII wieku, dotyczące szczepienia dzieci substancją zawartą w krostach ospy krowiej, zapoczątkowały rozwój eksperymentalnej nauki dotyczącej odporności.

Z czasem zauważono, że niektóre zwierzęta nie chorują na pewne ludzkie choroby i odwrotnie, szereg chorób zwierzęcych nie atakuje nigdy człowieka. Na przykład na odrę i płonicę zwierzęta w zasadzie nie chorują, zaś człowiek nigdy nie choruje na cholerę kurzą, psy są niewrażliwe na węglik itp. Stwier-

dzono bowiem, że odporność na choroby zakaźne może być genetycznie uwarunkowaną odpornością gatunkową bądź indywidualną, a także może to być odporność nabyta czynna, bierna lub śródzakaźna. Istnieje także specjalny rodzaj odporności zwany odpornością wrodzoną. Polega ona na tym, że dziecko matki odpornej na pewną chorobę (np. płonicę) w ciągu pierwszych kilku miesięcy życia pozapłodowego jest na nią niewrażliwe, bowiem płód nabywa własności odpornościowe z krwi matki poprzez łożysko. Potem jednak odporność ta zanika i dziecko staje się wrażliwe na daną chorobę.

Odporność indywidualna jest wynikiem właściwości danego organizmu. Wiadomo, że w każdej, nawet najgroźniejszej epidemii są osobnicy, którzy nie chorują albo chorują bardzo lekko. To właśnie odporność indywidualna pozwoliła Pettenkoferowi polknąć, w celu udowodnienia słuszności swego stanowiska, śmiertelną dawkę żywych, zjadliwych bakterii cholery i nigdy na tę chorobę nie zachorować.

Nie zawsze także organizm reaguje odczynem odpowiadającym jakości i natężeniu bodźców. Zdarza się, iż odczyny te są nadmierne (hiperenergetyczne), może też wystąpić brak odczynowości (anergia).

Zjawisko patologicznej odczynowości ustroju znane było już stosunkowo dawno, jednak dopiero w związku z wprowadzeniem do lecznictwa surowic odpornościowych stało się ono przedmiotem intensywnych badań.

W roku 1900 Richet, opracowując zagadnienie toksyczności wyciągów roślinnych i zwierzęcych wstrzykiwanych psom, zaobserwował, że zwierzęta, które pierwsze wstrzyknięcie wyciągu znosiły bez poważniejszych objawów zatrucia, przy następnym wstrzyknięciu tego samego wyciągu wykazywały specyficzne objawy chorobowe. Objawy te występowały tylko wtedy, gdy między pierwszym a drugim wstrzyknięciem upływał ściśle określony czas (w tym przypadku około 14 dni). Richet spodziewał się wzrotu odporności przy powtórnym podaniu wyciągu, a otrzymał objawy chorobowe, skąd wysnuł wniosek, że nastąpiło tu zjawisko odwrotne do odporności, czyli uczulenie. Odczyn ten Richet nazwał anafilaksją. Zjawisko to odgrywa poważną rolę podczas stosowania w zastrzykach środków leczniczych o charakterze białkowym (przetaczanie krwi, surowice odpornościowe itp.).

W wyniku pierwszego wstrzyknięcia antygeny, np. surowicy, nie dochodzi na ogół do zjawiska anafilaksji, bowiem stanowi ono dopiero bodziec do produkcji przeciwciał (jest to tzw. wstrzyknięcie uczulające). Gdy po pewnym czasie poda się ponownie ten sam antygen, następuje gwałtowna reakcja już poprzednio wytworzonych przeciwciał z danym antygenem, dająca tzw. wstrząs anafilaktyczny.

U człowieka obraz kliniczny wstrząsu anafilaktycznego jest bardzo złożony. Z najważniejszych jego objawów można wymienić spadek ciśnienia krwi, zwolnienie akcji serca, zaburzenia oddychania wywołane skurczem oskrzeli i wiele innych.

Niekiedy odczynny alergiczny powodują zaburzenia o charakterze samoistnych chorób. Nazywamy je wówczas chorobami alergicznymi. Typowym przykładem tego rodzaju schorzeń jest tzw. katar sienny. Choroba ta, objawiająca się bardzo silnym nieżytem nosa z dużą ilością wodnistej wydzieliny, zapaleniem spojówek oczu, a często także stanem zapalnym śluzówek oskrzeli, występuje tylko w tej porze roku, w której kwitną określone trawy czy kwiaty. Wykrycie antygeny powodującego uczulenie jest stosunkowo proste, gdyż początek objawów przypada każdego roku na początku kwitnienia określonej rośliny, którą można zidentyfikować za pomocą kalendarza kwitnienia roślin na danym terenie. Bliższe określenie rodzaju antygeny powodującego uczulenie opiera się na testach skórnych. Polegają one na wykonaniu serii lekkich zadrapań na skórze i umieszczeniu na każdym zadrapaniu szczypty wyciągu jednego z dojrzałych pyłków. Odczyn dodatni pojawia się po jednej, dwóch minutach w postaci swędzącego pęcherzyka otoczonego jasnoczerwoną obwódką utworzoną przez rozszerzone naczynia krwionośne. Odczyn przypomina dokładnie ugryzienie komara, z tej prostej przyczyny, że zmiana powstająca po ugryzieniu komara jest dowodem uczulenia danego człowieka na białko śliny komara. Identyczny efekt można osiągnąć umieszczając kroplę roztworu histaminy na świeżym zadrapaniu. Na zasadzie podobieństwa objawów chorób uczuleniowych oraz objawów wywołanych histaminą, powstała cała grupa leków antyhistaminowych (antistina, phenazolina, tavegil itp.), które likwidują objawy niektórych uczuleń, takich jak np. katar sienny.

Oddziaływanie swoistych alergenów na uczulony ustrój może też powodować zespół objawów wynikających ze stanu skurczowego oskrzeli. Tego typu choroba alergiczna nosi nazwę dychawicy oskrzelowej (astmy). Alergiczne tło tej choroby zostało wykryte stosunkowo niedawno, zwróciło na to uwagę występowanie napadów w tych samych okolicznościach (np. w nocy przy uczuleniu na cząsteczki pierza z poduszki).

Do chorób alergiczych zaliczamy także tzw. obrzęk Quinckego. Jest to nagle powstające obrzmienie niektórych części skóry i tkanki podskórnej, a niekiedy również błon śluzowych. Obrzęk ten, o charakterze odczynu naczyniowo-ruchowego, obejmuje najczęściej twarz, ale występuje również w innych miejscach, przy czym szczególnie niebezpieczne są obrzęki śluzówki górnych dróg oddechowych, które stwarzają niebezpieczeństwo uduszenia się.

Częstym wyrazem uczulenia bywa też pokrzywka, tj. występowanie na skórze biało-różowych bąbli, którym towarzyszy uczucie swędzenia i palenia skóry.

Te najczęściej występujące objawy, jak również wiele innych zespołów, są wynikiem uczulenia na najróżnorodniejsze substancje o charakterze antygenów. Mogą one dostawać się do organizmu poprzez drogi oddechowe (pyłki kwiatów, cząsteczki pierza, kurzu itp.).

Alergenami mogą też być pokarmy, takie jak poziomki, raki, ryby, jaja itp. Wiele odczynów alergiczych jest wywołanych przez bezpośrednie zetknięcie

alergenów ze skórą. Najczęściej obserwowane są tu uczulenia na różne środki piorące. Alergie na środki wprowadzane przez wstrzyknięcie stanowią poważny problem w lecznictwie. Szczególnie często występują uczulenia na penicylinę. Dlatego też przed podaniem leków mogących być alergenami wykonuje się próby skórne wskazujące czy dany człowiek jest uczulony na lek przewidziany do podania.

W zasadzie organizm nie wytwarza przeciwciał skierowanych przeciw własnym tkankom. Niekiedy jednak dochodzi do uczulenia w stosunku do własnych białek (tkanek), co prowadzi do ich uszkodzenia lub wręcz zniszczenia. Mówimy wówczas o autoimmunizacji. Pierwszą wykrytą chorobą, w której występują autoprzeciwciała, była nabyta niedokrwistość hemolityczna. W chorobie tej dochodzi do zniszczenia krwinek czerwonych, co prowadzi do niedokrwistości (anemi). Krew chorego na tego typu niedokrwistość zawiera przeciwciała skierowane przeciw krwinkom własnego organizmu i krwinkom większości ludzi zdrowych.

Innym typowym przykładem choroby z autoimmunizacji jest tzw. choroba Hashimoto. Prowadzi ona do uszkodzenia lub zniszczenia czynnego mięszu tarczycy wskutek produkcji przez organizm przeciwciał skierowanych przeciw składnikom własnej tarczycy. W wyniku tego dochodzi do powstania zespołu zmian, związanych z niedoborem hormonu tarczycy. W tym wypadku poważną rolę odgrywa pierwotne uszkodzenie tarczycy wskutek zakażenia, zabiegu chirurgicznego, nacieku nowotworowego, czy wskutek mutacji genowej. W wyniku tego uszkodzenia do krwi przedostają się substancje zawarte w pęcherzykach tarczycy (np. tyroglobulina), które następnie pobudzają komórki immunologicznie kompetentne do wytwarzania przeciwciał niszczących mięsz tarczycy.

Problem chorób alergicznych jest jeszcze daleki od pełnego wyjaśnienia. Podobnie jak i w większości innych stanów chorobowych, odgrywa tu rolę wiele różnych czynników. Wiadomo, że duże znaczenie ma predyspozycja genetyczna. Jej ujawnienie się jest jednak — ponad wszelką wątpliwość — wynikiem zaburzeń prawidłowych stosunków między człowiekiem i jego środowiskiem. Ta nieadekwatna reakcja, którą jest uczulenie, świadczy o jakichś bliżej nieznanym zaburzeniach zdolności przystosowawczych organizmów.

Odporność organizmu stanowiła do niedawna podstawowy czynnik zwalczania chorób zakaźnych. W wieku antybiotyków rola odporności indywidualnej jest nadal ogromna.

Czynnościami żywego ustroju zawiaduje centralny układ nerwowy. Dowodów na wpływ tego układu, a w szczególności kory mózgu na wiele procesów fizjologicznych, nie brakuje. Wiemy, że w wyniku treningu *jogi* można świadomie wpływać np. na własne ciśnienie krwi. Istnieją dobrze udokumentowane opisy śmierci w wyniku wyklęcia danego człowieka przez czarownika i społeczność (śmierć *voodoo*). Po prostu u przeklętej osoby zanika chęć życia i po pewnym czasie następuje zgon. Zadziwiająca jest różnorodność ludów, a także

rejonów świata, na których odnotowano ten rodzaj śmierci. Dobrze udokumentowane przypadki dotyczą Australii, Nowej Zelandii, Afryki, Ameryki Południowej, wysp Pacyfiku i innych.

Claude Levi-Strauss, wybitny antropolog i etnolog, podkreśla, że człowiek skazany przez grupę umiera społecznie. Powoduje to, że jego osobowość biologiczna nie przetrzymuje rozpadu osobowości społecznej. Śmierć *voodoo* z punktu widzenia biologii jest tłumaczona jako efekt gwałtownego pobudzenia układu adrenergicznego, co prowadzi do zatrzymania akcji serca. Jednak jako przyczynę śmierci *voodoo* uznalibyśmy ogromne napięcie emocjonalne.

Bliższe naszym doświadczeniom są przykłady tzw. efektu *placebo*, tj. działania leczniczego substancji obojętnych fizjologicznie. Oddziałuje ono na obiektywne wskaźniki funkcjonowania układu oddechowego, pokarmowego i innych. Efekt leczniczy występuje w ok. 30% wszystkich przypadków leczonych z zastosowaniem *placebo*.

Również zadziwiające wyniki uzyskuje się metodą sugestii hipnotycznej. Można znieść lub zmniejszyć wrażliwość człowieka na ból, a także zmienić czynność układów niezależnych od naszej woli, takich jak np. częstość tętna.

Z drugiej strony zubożenie środowiska, ze szczególnym ograniczeniem bodźców emocjonalnych, może być również uznane za przyczynę choroby. Najbardziej znanym tego przykładem jest tzw. choroba sieroca. Obserwacje dzieci wychowywanych bez kontaktu z rodzicami wykazały, że niedobór pozytywnych bodźców emocjonalnych zaburza nie tylko rozwój intelektualny, ale również rozwój fizyczny. U osób dorosłych, w doświadczeniach z izolowaniem od bodźców, powodowano niepokój i halucynacje.

Są to przypadki skrajne, ale trzeba pamiętać, że w każdej chorobie wpływ centralnego układu nerwowego jest bardzo duży. Troski i napięcia należą do przyczyn zawałów mięśnia sercowego, choroby wrzodowej żołądka i dwunastnicy, a nawet takich chorób jak gruźlica. Wystarczy zwrócić uwagę na fakt, że w przypadku znacznego napięcia emocjonalnego może dojść do przerwania zwykłego, „banalnego” kataru.

Wiemy, że funkcjonowanie organizmu zależy od programu, który zakodowany jest w genach. Decydują one o cechach przekazywanych przez osobniki rodzicielskie, a więc o stałości gatunków.

Stażność gatunków uwarunkowana jest przede wszystkim dziedzicznością. Mimo to występuje, jak wiemy, ciągły proces ewolucyjny, który prowadzi do wytwarzania wciąż nowych cech, a nawet form. Zjawiskiem, które wywołuje zmiany, jest mutacja. Mutacje są to zmiany bądź w strukturze chromosomów, bądź — genów; mogą to być też zmiany liczby chromosomów, powstające wskutek nieprawidłowości podziału jądra, a będące niekiedy przyczyną głębokich zaburzeń powstałego organizmu. Za typowy przykład może służyć zwiększenie się liczby chromosomów zwanych X i Y. Komórka jajowa posiada zawsze chromosom X, zaś plemniki mogą posiadać chromosom X lub Y. Jeżeli dojdzie do połączenia komórki jajowej z plemnikiem zawierającym chromosom

X, poczęte dziecko będzie miało parę chromosomów płciowych XX i będzie płci żeńskiej. Połączenie komórki jajowej z plemnikiem zawierającym chromosom Y da w rezultacie osobnika płci męskiej o parze chromosomów płciowych XY. Otóż może się zdarzyć w wyjątkowych wypadkach, że wskutek pewnych zaburzeń dochodzi do zmiany liczby chromosomów płciowych w komórkach rozrodczych. Pociąga to za sobą odpowiednie zmiany w liczbie chromosomów zapłodnionej komórki jajowej, a w konsekwencji — rozwijającego się organizmu. I tak np. znany jest w medycynie tzw. zespół Klinefeltera, polegający na niedorozwoju płciowym mężczyzny, u których badanie chromosomów wykazało, iż w jądrach komórkowych takich osobników jest ich aż 47 — a nie jak zwykle 46. Dodatkowo występuje tu jeden chromosom płciowy, tak że ich układ jest typu XXY. Opisywano też przypadki typu „nad-kobiet” z układem chromosomów XXX lub nawet XXXX. Zmiany liczby chromosomów nie dotyczą wyłącznie chromosomów płciowych. Znany jest zespół Downa, tzw. mongolizm, w którym zwiększenie liczby chromosomów do 47 spowodowane jest wystąpieniem dodatkowego chromosomu 21. Powoduje to poważne opóźnienia rozwoju fizycznego i umysłowego dziecka. Schorzenie to niestety nie jest rzadkie. Prawie dwoje na tysiąc dzieci rodzi się z zespołem Downa. Częstość jego występowania wiąże się ściśle z wiekiem matki, bowiem ok. 40% dzieci dotkniętych tym schorzeniem przypada na matki rodzące w wieku ponad 40 lat. Przyczyną tego zaburzenia jest prawdopodobnie nierozłączanie się chromosomów podczas podziału mejozytycznego komórek płciowych, co prowadzi do powstania komórek jajowych bez chromosomu 21 i komórek z dodatkowym chromosomem 21. Po zapłodnieniu plemnikiem o normalnej liczbie chromosomów, komórki te wytworzą osobniki z 47 chromosomami, w tym 3 chromosomy 21, czyli z zespołem Downa, oraz osobniki z 45 chromosomami (prawdopodobnie niezdolne do życia).

Mutacja może dotyczyć różnych komórek w różnych tkankach organizmu. Specjalnego znaczenia nabiera ona wówczas, gdy dotyczy genów zawartych w komórkach płciowych (komórki jajowe i plemniki). Wówczas powstałe w nich zmiany mogą być przenoszone na następne pokolenia. Jak często pojawiają się mutacje, dokładnie nie wiemy. Ocenia się, że w ciągu życia osobniczego jeden gen na milion ulega mutacji, przy czym wydaje się, że częstość ta jest jednakowa zarówno dla bakterii czy muszki owocowej, jak i dla człowieka.

W każdym pokoleniu gatunku ludzkiego powstają liczne mutacje, w tym większość niekorzystnych. Nosiciele niektórych z tych mutacji — osoby chore na choroby dziedziczne, nieprawidłowości rozwojowe — umierają przed spłodzeniem potomstwa. W ten sposób w każdym pokoleniu następuje eliminacja tzw. mutacji letalnych. Nowe zaś mutacje będą stale utrzymywać częstość genów letalnych na tym samym poziomie. Czy jednak tak jest zawsze? Weźmy np. chorobę dziedziczną, jaką jest siatkówczak (rodzaj nowotworu oka, retinoblastoma) powstający, przynajmniej w niektórych przypadkach, pod

wpływem genu dominującego. Choroba występuje we wczesnym dzieciństwie i zazwyczaj szybko kończy się śmiercią. Jednak usunięcie oka dotkniętego tym schorzeniem powoduje, że osobnik ze zmutowanym genem żyje i ma szanse przekazania go potomstwu. Równowaga nowych mutacji w każdym pokoleniu i ich usuwanie przez śmierć — przed okresem rozrodczym — zostaje zaburzona przez ingerencję człowieka. Niemniej wskaźnik urodzeń u osobników z tą wadą jest zdecydowanie niższy, a to w wyniku uświadomienia sobie możliwości przekazania tej wady potomstwu. Podobnie przedstawia się na przykład sprawa z karłowatością achondroplastyczną, spowodowaną genem dominującym. Wprawdzie umieralność wśród dzieci achondroplastycznych jest dużo wyższa niż wśród dzieci nie posiadających tego genu, to jednak wiele z nich utrzymuje się przy życiu i cieszy się mniej lub bardziej normalnym zdrowiem. Można sądzić, że w tym przypadku dobór naturalny działa na niekorzyść genu siatkówczaka i genu achondroplazji.

Szczególną rolę w procesie selekcji odgrywają geny recesywne wywierające istotny wpływ na stan zdrowia (prawidłowy rozwój) osobnika. Otóż geny takie dopiero w parze (w stanie homozygotycznym, tj. odziedziczone i po ojcu i po matce) mogą dać widoczny efekt w postaci choroby. Jeżeli natomiast osobnik odziedziczy tylko jeden gen recesywny (np. po ojcu) i odpowiadający temu gen dominujący po drugim z rodziców (po matce), wówczas cecha związana z tym genem nie ujawni się w fenotypie (stan heterozygotyczny). Inaczej mówiąc, osoba w pełni zdrowa może posiadać (i często posiada) jeden lub więcej genów ukrytych w stanie heterozygotycznym, które w stanie homozygotycznym wywołałyby ciężką chorobę lub śmierć. Takie szkodliwe geny recesywne w stanie heterozygotycznym stanowią ukryte obciążenie genetyczne. Ujawnia się ono w razie małżeństwa dwóch osób — nosicieli takiego samego szkodliwego genu recesywnego w stanie heterozygotycznym. O posiadaniu tych genów osoby te nie wiedzą. Istnieje wówczas prawdopodobieństwo, że mniej więcej jedno na czworo dzieci tych ludzi będzie homozygotą pod względem tego genu, czyli ujawni się u niego dane schorzenie. Na przykład istnieje rzadka choroba niemowlęca zwana galaktozemią, którą wywołuje gen recesywny, odziedziczony po obojgu rodzicach. Niemowlęta z tym schorzeniem cierpią na brak enzymu niezbędnego do rozkładu cukru (galaktozy), dostarczanego wraz z pokarmem. Organizm normalnych, zdrowych niemowląt posiada wspomniany enzym. U niemowląt chorych galaktoza nagromadzona w nadmiarze we krwi odkłada się w wątrobie i nerkach, prowadząc do ciężkich zaburzeń czynności tych narządów, a nawet do śmierci. Jeżeli galaktozemia jest dość wcześnie wykryta, wystarczy usunąć z diety pokarmy zawierające galaktozę, by dziecko rozwijało się zupełnie normalnie.

Widzimy więc, że rozdzielanie wpływów genetycznych od wpływu środowiskowych nie zawsze jest sensowne. Przykładu na to dostarcza też fawizm — niedokrwistość występująca u niektórych ludzi po jedzeniu bobu. Schorzenie to dotyka osoby posiadające gen recesywny powodujący zmniejszoną

aktywność jednego z enzymów. Ludzie tacy są zdrowi, dopóki nie jedzą bobu. Jako ciekawostkę można tu przypomnieć, że wśród reguł pitagorejskich istniał zakaz jedzenia bobu, co może wiązać się z wiedzą dotyczącą roślinnych substancji toksycznych, nawet takich, które działają w szczególnych okolicznościach.

Obok tak bardzo wyraźnych powiązań akcji genów i środowiska, niemal w każdym przypadku musi zaistnieć oddziaływanie tych dwóch elementów, by doszło do powstania choroby.

Są ludzie, którym nigdy nic nie dolega, nie zastanawiają się nad swoim zdrowiem, które dla nich po prostu istnieje, z czego nawet nie zdają sobie sprawy. Obok nich żyją w podobnych warunkach ludzie wiecznie „kwękający”, których stale coś boli lub męczy. Dlaczego tak jest? Sprawą oczywistą jest tu rola wieku. Najbardziej skłonne są do chorób małe dzieci i ludzie starzy, bardziej kobiety niż mężczyźni. Jest wiele chorób wyraźnie związanych z wiekiem. Najbardziej wyraźnym przykładem są tu choroby okresu dziecięcego (zwłaszcza ostre choroby zakaźne) i choroby wieku starczego (zwłaszcza związane z miażdżycą naczyń krwionośnych). Ale nawet choroby występujące w każdym wieku mają różny przebieg w kolejnych stadiach ontogenezy. Na przykład gruźlica jest chorobą ciężką i niebezpieczną w pierwszym roku życia, w drugim i trzecim też jest chorobą poważną, później natomiast, w wieku szybkiego wzrastania, przebiega lekko i rokuje dobrze. W czasie lub po pokwitaniu może pojawić się gruźlica popierwotna. Obecnie obserwuje się coraz późniejszy wiek zapadalności i umieralności na gruźlicę. Jednak u ludzi w tym samym wieku różnice w stanie zdrowia także bywają ogromne.

Niewątpliwie ważnym elementem różnicowania jest płeć. Dłuższe przeciętne trwanie życia kobiet, obserwowane we wszystkich rozwiniętych krajach, stworzyło przekonanie, że kobiety są zdrowsze od mężczyzn, co szczególnie ma się uwidaczniać w wieku starszym. Wyniki badań stanu zdrowia osób długowiecznych zdają się wskazywać jednak, że mężczyźni w starszym wieku są zdrowsi od kobiet. Przeczy to nie tylko obiegowym sądom, lecz także opiniom często wyrażanym przez niektórych naukowców.

Analiza różnicowania płciowego stanu zdrowia jest trudna, gdyż rejestry służby zdrowia przedstawiają bądź zgłoszenia pacjentów w lecznictwie otwartym lub przebywających w szpitalach, bądź zgony i ich przyczyny. Oczywiście, ani jedno, ani drugie dane nie odzwierciedlają rzeczywistego stanu zdrowia populacji, gdyż na zgłaszalność mają wpływ takie elementy jak ogólna dbałość o własne zdrowie, dostępność opieki medycznej itp. Przyczyna zgonu może być zaś (i często jest) inna niż choroba trapiąca człowieka przez wiele lat. Warto jednak przemyśleć niektóre informacje na ten temat.

Zacznijmy od liczby mężczyzn i kobiet leczonych w szpitalach. Okazuje się, że wśród noworodków i niemowląt częściej hospitalizowani są chłopcy, podobnie w wieku 1-9 lat chłopcy częściej trafiają do szpitali. Ale już w następnej klasie wieku (10-13 lat) przeważają w szpitalach dziewczynki, a różnica ta

gwałtownie wzrasta w wieku 20-39 lat. Jednak w klasie 40-59 lat znowu hospitalizacja mężczyzn przewyższa hospitalizację kobiet, a w ostatniej klasie wieku przewaga mężczyzn jeszcze wzrasta. Trzeba jednak pamiętać, że są to liczby względne (na 10 000 ludności danej płci i grupy wieku) i nie odzwierciedlają bezwzględnej liczby pacjentów szpitali, która zależy w dużym stopniu od struktury demograficznej.

Rozważania dotyczące schorzeń mężczyzn i kobiet oparłam na współczynnikach proporcji płci wśród osób zgłaszających się w leczeniu otwartym, leczonych w szpitalach i zgonów z różnych przyczyn. Wynika z nich, że mężczyźni zdecydowanie częściej chorują i umierają na choroby zakaźne i pasożytnicze, choroby układu oddechowego, a przede wszystkim dużo częściej ulegają wypadkom, zatruciom i urazom. Kobiety natomiast chorują i umierają częściej z powodu chorób wydzielania wewnętrznego, zaburzeń odżywiania, przemiany materii oraz chorób krwi i układu krwiotwórczego. Trzeba do tego dodać ograniczone wyłącznie do kobiet choroby i zgony związane z powikłaniami ciąży, porodu i połogu. Istnieje też szereg schorzeń, na które kobiety chorują częściej, lecz umierają rzadziej niż mężczyźni. Są to: nowotwory, choroby układu trawiennego, choroby układu moczowo-płciowego, wady rozwojowe wrodzone. Może to także świadczyć, iż schorzenia te są częstsze u kobiet, lecz przybierają u nich łżejsze postacie.

Ciekawe wyniki przyniosły badania ankietowe długości trwania życia bez niewydolności fizycznej. Analizowano trwanie życia w dobrym zdrowiu oraz lata, które minęły w stanie niepełnej sprawności.

Między 65 a 70 rokiem życia ponad 80% mężczyzn i tylko połowa kobiet deklaruje brak jakiejkolwiek niewydolności fizycznej. W wieku 85 lat 1/3 mężczyzn i zaledwie 15% kobiet nadal zgłasza brak niewydolności. Natomiast przez cały badany okres życia znacznie więcej kobiet niż mężczyzn deklaruje jakiś stopień niewydolności.

Badania te nie tylko potwierdzają tezę o braku bezpośredniej zależności między długością trwania życia i stanem zdrowia, lecz na podstawie całkowicie różnego rodzaju materiałów potwierdzają, że kobiety żyją wprawdzie dłużej, lecz w gorszym stanie zdrowia. Większa długowieczność kobiet wydaje się przede wszystkim przedłużaniem życia w stanie inwalidztwa.

Widzimy więc, że teza wielu demografów, iż mężczyźni stanowią słabą płć, była oparta na jednostronnym spojrzeniu i wymaga rewizji.

Można twierdzić, że dorosłe kobiety chorują częściej niż mężczyźni, jednak z przewagą chorób przewlekłych, wymagających większej dbałości o zdrowie. Mężczyźni dorośli chorują natomiast częściej na choroby związane ze szkodliwym wpływem czynników środowiska i trybu życia, np. palenie papierosów i związane z tym choroby układu oddechowego, picie alkoholu powodujące częstszą marskość wątroby i wpływające na dużą częstość nowotworów żołądka, choroby wrzodowej żołądka i dwunastnicy. Wyraźny wpływ u mężczyzn ma bardziej ruchliwy tryb życia i sprzyjająca urazom praca (wypadki), a także

większa ilość lub większa podatność na czynniki stresowe (np. choroba wrzodowa żołądka i dwunastnicy, może także częstość samobójstw).

Analiza występowania schorzeń u obu płci potwierdza tezę, że różnice umieralności mężczyzn i kobiet w wieku dorosłym i starszym są spowodowane wyłącznie przez czynniki środowiskowe. Natomiast nadumieralność płci męskiej w okresie niemowlęcym i wczesnodziecięcym ma charakter biologiczny (np. większa umieralność chłopców z powodu wad wrodzonych).

U kobiet sytuacja wydaje się odwrotna, tzn. korzystniejszy jest wpływ czynników biologicznych w wieku młodszym (niemowlęcym, a także być może płodowym oraz w dzieciństwie), ze wzrostem zachorowań i zgonów związanych ze specyficznym dla płci żeńskiej typem aktywności organizmu (przede wszystkim hormonalnej) w wieku dojrzałym i starszym.

Od lat wiele pisze się i mówi na temat wpływu trybu życia na stan zdrowia. Są to prawdy tak powszechnie znane, że powtarzam je z pewnym zażenowaniem. Nie można jednak nie uwzględnić w rozważaniach na temat zdrowia spraw diety i to nie tylko w przypadku takich chorób jak galaktozemia, fawizm czy cukrzyca. Odżywianie należy do najważniejszych elementów kontaktu z otoczeniem. Dziś wiemy jak ważna jest właściwa dieta w rozwoju dzieci i w całym życiu człowieka.

Świat dzieli się na obszary, gdzie ludzie głodują i cierpią na choroby związane z niedoborem pożywienia bądź jego niektórych elementów (np. białka, witamin itp.). W drugiej części świata o znacznie mniejszej liczbie ludności ludzie odżywiają się nadmiernie i cierpią w związku z tym na choroby przemiany materii, choroby naczyń i serca itp. Podobnie jak niedobór pokarmów, także ich nadmiar skraca w efekcie życie człowieka. Prof. Julian Aleksandrowicz, wybitny internista i myśliciel, odkrył znaczenie dla zdrowia i życia człowieka tzw. biopierwiastków. Zwrócił uwagę przede wszystkim na rolę magnezu i selenu w pożywieniu, zwiększających odporność i odgrywających rolę w zapobieganiu chorobom nowotworowym.

Nikt nie ma wątpliwości co do roli higieny w zwalczaniu chorób. To właśnie dzięki zwykłej dbałości o czystość udało się opanować wiele chorób (np. tzw. choroby brudnych rąk). Czasami jednak właśnie poprawa warunków sanitarnych może stwarzać nowe problemy. Na przykład do początku naszego stulecia wirusy choroby Heinego-Medina były tak rozpowszechnione, że stykało się z nimi praktycznie każde dziecko krótko po urodzeniu, gdy posiadało jeszcze odporność przekazaną przez matkę. Wówczas ciężkie postacie tej choroby, przebiegające z porażeniami, należały jeszcze do rzadkości. Wraz z postępami choroby, pierwsze zetknięcie z wirusem uległo opóźnieniu, zakażenie przypadało na okres, w którym nie było już odporności nabytej od matki; wówczas coraz częściej zdarzały się ciężkie przebiegi choroby z pozostającymi porażeniami. Dopiero wprowadzenie szczepień ochronnych zmieniło tę sytuację.

Widzimy więc, że nie tak łatwo jest odpowiedzieć na pytanie o przyczynę choroby w poszczególnym przypadku, ani o etiologię chorób w ogólności.

Lekarze z konieczności upraszczają sprawę podając jakąś konkretną przyczynę, co na ogół stanowi przybliżenie do rzeczywistości, wystarczające do podjęcia leczenia. Trzeba jednak pamiętać, że jest to tylko konieczna schematyzacja, gdyż zachorowanie jest raczej pośrednim wynikiem konstelacji różnych okoliczności niż bezpośrednim rezultatem działania pojedynczych determinujących czynników.

Czyżby więc jednak zachwianie równowagi?

Wydaje się, że najbardziej widoczne to jest w odniesieniu do chorób zwanych pospolicie, acz niesłusznie, chorobami cywilizacyjnymi, takich jak: choroby serca i naczyń krwionośnych, nowotwory, choroby degeneracyjne układu nerwowego i inne. Początkowo zdawało się, że po prostu nie znamy jeszcze czynników sprawczych tych schorzeń i że ich odkrycie jest kwestią czasu i wkładu pracy uczonych. Tymczasem w miarę postępu badań sprawy bardzo się skomplikowały. Okazało się, że przyczyn na przykład zmian miażdżycowych w naczyniach krwionośnych jest wiele. Należą do nich: niewłaściwe żywienie, niewłaściwy tryb życia, palenie tytoniu, brak ruchu, stresy i inne, w tym tak trudno uchwytnie jak np. skłonności osobnicze. Intensywne badania nad przyczyną raka, prowadzone we wspaniałych instytutach na całym świecie, przyniosły wreszcie rezultaty, które — z punktu widzenia terapii — bardzo rozczarowały. Wiadomo dziś, że rak (podobnie jak i inne nowotwory) spowodowany jest przez uczynnienie genu, obecnego w każdej komórce ciała każdego człowieka. Jego pobudzenie może nastąpić na skutek bardzo różnych przyczyn, które dzielimy na grupy czynników: fizycznych (np. różnego rodzaju promieniowanie, drażniące działanie pyłów itp.), chemicznych (duża liczba czynników onkogennych, w tym wiele zawartych w naszym pożywieniu, w powietrzu i w wodzie) i wreszcie zaburzenie czynników obrony własnej organizmu, gdyż najczęściej pojawiające się komórki zmienione nowotworowo są rozpoznawane i niszczone jako inne, obce.

W tej sytuacji należałoby rozważać zachodzenie na siebie różnych przyczyn, które w sumie doprowadzają do choroby. Podobnie jak w wypadku drogowym nie wystarczy, by jeden kierowca zagapił się, trzeba do tego jeszcze, by jadący mu z naprzeciwka nie umiał szybko zareagować, by było ślisko, a jezdnia biegła tuż nad rowem.

Oczywiście sytuacja w tak skomplikowanym urządzeniu jak organizm człowieka jest bardziej złożona. Obok bowiem wszelkich działań odgrywających rolę w danej chwili, zarówno czynników zewnętrznych jak i wewnętrznych, w tym również świadomości i woli, w funkcjonowaniu człowieka odgrywa także rolę jego przeszłość. Historia zarówno osobnicza, jak i gatunkowa warunkuje reakcje organizmu na różne bodźce zewnętrzne. Miał rację stary grecki wojak z poematu Tennysona mówiąc: „jestem częścią wszystkiego tego, co w życiu spotkałem”.

Po długich wiekach badań, eksperymentów, w dobie wspaniałego rozkwitu nauki widzimy, że podobnie jak mało zmienił się sam człowiek, niewiele też

zmieniły się jego choroby. Mówiąc zaś o ich przyczynach możemy dziś przytoczyć opinię Alkmeona z Krotony. Pisał on: „Choroba wynika niekiedy z przyczyny wewnętrznej, takiej jak nadmiar ciepła lub zimna, niekiedy z przyczyny zewnętrznej, takiej jak nadmiar lub niedobór pokarmu. Może ona ujawnić się w określonej części ustroju, takiej jak krew, szpik czy mózg; lecz części te są niekiedy dotknięte przez przyczyny zewnętrzne, takie jak niektóre wody lub określona okolica, lub zmęczenie lub podobne czynniki. Zdrowie jest harmonijną mieszaniną jakości”.

LESŁAW BADURA

Katedra Mikrobiologii
Uniwersytetu Śląskiego
Katowice

POJĘCIE EKOSYSTEMU W EKOLOGII MIKOORGANIZMÓW

Przedstawiona praca stanowi próbę podjęcia dyskusji nad pojęciami od dawna stosowanymi w ekologii, ekologii drobnoustrojów i gleboznawstwie, lecz przez różnych autorów niejednoznacznie rozumianymi i nie zawsze tak samo interpretowanymi. Występują tak duże rozbieżności w zrozumieniu, czym jest ekosystem, czym jest gleba i jaką spełnia ona rolę w tych układach oraz jakie jest miejsce i jaką funkcję pełnią mikroorganizmy, że wyłania się konieczność ponownego spojrzenia na ten problem. Przy okazji należy zwrócić uwagę na konieczność dokładniejszego sprecyzowania takich cech jak buforowe i homeostatyczne właściwości omawianych układów.

Już w latach pięćdziesiątych naszego wieku bracia Howard T. i Eugene P. Odumowie sformułowali podstawowe zasady funkcjonowania układów ekologicznych, wprowadzając pojęcie ekosystemu. E. P. Odum [24] pisze, że „jednostkę ekologiczną, która obejmuje wszystkie organizmy żyjące na danym obszarze (tj. biocenozę) i współdziała ze środowiskiem fizycznym w ten sposób, że przepływ energii prowadzi do powstania wyraźnie określonej struktury troficznej, zróżnicowania biotycznego oraz krążenia materii (tj. wymiany pierwiastków i związków między żywymi a nieożywionymi częściami tej jednostki), nazywamy układem ekologicznym lub ekosystemem”. Podkreśla nadto wyraźnie, że „Żywe organizmy i ich nieożywione środowisko są nieodłącznie powiązane ze sobą i wzajemnie na siebie oddziałują”. Wydawałoby się więc, że wszystkie elementy funkcjonowania ekosystemu są zawarte w tej definicji, a więc wzajemne oddziaływanie biotycznych i abiotycznych elementów, przepływ energii od producentów do destruentów, wykształcanie się charakterystycznych struktur troficznych, a więc także określonych zespołów odpowiedzialnych z jednej strony za produkcję i z drugiej — za rozkład materii organicznej oraz obieg pierwiastków biogennych. Na tej więc podstawie, bez większych dyskusji, można wyróżniać ekosystemy wodne, lądowe, a wśród tych ostatnich ekosystemy łąkowe, czy leśne. Jednakże budzi się wątpliwość, czy można w ramach większego kompleksu łąkowego, czy leśnego, np. Puszczy Białowieskiej, wyróżniać mniejsze jednostki związane z odmiennym typem gleby i zbiorowiska roślinnego. Jeżeli uzna się, że w pojęciu ekosystemu mieści się podstawowa funkcjonalna jednostka, w której organizmy: producenci,

makro- i mikrokonsumenci, destruenci wraz z nieożywionymi elementami gleby są strukturalnie i funkcjonalnie homogenne, to granice takiej jednostki musi wyznaczać jednorodny kompleks glebowo-roślinny reprezentujący określoną fazę rozwoju gleby i stadium naturalnej sukcesji. Dla takiej homogenicznej, strukturalnej i funkcjonalnej jednostki wprowadzono w latach 60. pojęcie „ecopędon” [34]. Jednakże w takim przypadku musi to być jednostka obiektywnie istniejąca w przyrodzie, stosunkowo łatwo wyróżnialna na podstawie naturalnych, a nie wyznaczanych arbitralnie, jak to bywa niejednokrotnie, kryteriów. Wymaga to już bardzo wnikliwych analiz geobotanicznych, a więc prowadzonych równorzędnie przez gleboznawców i fitosocjologów. Choć musimy sobie zdawać sprawę z faktu, iż poznanie uwarunkowań funkcjonowania gleb z występującymi organizmami, w tym i drobnoustrojami, natrafia na duże trudności ze względu na multidyscyplinarny charakter zjawisk z pogranicza mikrobiologii, enzymologii, chemii, fizykochemii, hydrologii, krytalografii, no i botaniki [10]. Natomiast pojęciem ekosystemu nie można z całą pewnością operować w przypadku upraw rolnych i dla tych jednostek rezerwuje się termin „agrosystem”. Wylania się jednak pytanie, czy w świetle tak zdefiniowanego pojęcia ekosystemu wolno mówić o ekosystemach glebowych? Jeżeli glebę uzna się więc za ekosystem, to pozostaje problem producentów, jeżeli glebę potraktuje się jako jeden z elementów całości, to w tym przypadku możemy tylko mówić o podsystemie glebowym w przeciwieństwie do podsystemu — szaty roślinnej pełniącej funkcję producentów [25]. Natomiast, gdy gleba pozbawiona jest szaty roślinnej, a jedynymi producentami są glony, to wtedy prawdopodobnie jest to ekosystem w znaczeniu O d u m a.

Tymczasem definicja A l e x a n d r a [1], wybitnego ekologa mikroorganizmów, brzmi: „Terminem ekosystemu określa się kompleks organizmów zamieszkujących określone środowisko abiotyczne”. Pojęciu „określone środowisko” nadaje jednakże szersze znaczenie, mieszcząc w nim zarówno glebę, wody oceanów i mórz, wody słodkie, a także powierzchnię roślin, korzeni, wnętrza tkanek, czy organizmów, ekskrementy, rozkładające się tkanki zwierząt, czy roślin, a nawet np. jamę ustną. Widać już na tym przykładzie, jaka istnieje dowolność interpretacyjna i zarazem jakie konsekwencje poznawcze może to za sobą pociągać.

Jeżeli, z jednej strony, gleba jest jednym z elementów, choć bardzo złożonym, ekosystemu, to wszystkie występujące w niej populacje i wszystkie przeprowadzane przez nie procesy muszą być podporządkowane ogólniejszym prawidłowościom, muszą realizować określone funkcje związane z egzystencją danego systemu ekologicznego. Jeżeli natomiast każde środowisko, zarówno wodne, czy glebowe i idąc dalej, każde inne, w tym i mikrośrodowiska, z tej tylko przyczyny, że są zamieszkiwane przez kompleks organizmów, nazwiemy ekosystemem, to konsekwencją takiego widzenia świata musi być uznanie przypadkowości zjawisk ekologicznych, jak również dowolności strukturalnej oraz funkcjonalnej występujących w tym środowisku mikroorganizmów. I tak

np. K u n i c k i - G o l d f i n g e r [20] określa glebę jako siedlisko życia bakterii pisząc, iż „Jest to środowisko powszechne, nieciągłe w czasie i w przestrzeni. Każda cząstka koloidalna,... każdy przestwór kapilarny, stanowi jakby częściowo oddzielny biotop... W każdym z tych mikroskopijnych biotopów rozwija się swoista mikroflora, znajdująca tam najodpowiedniejsze warunki rozwoju. Takie niesłychanie małe, swoiste środowiska rozwoju bakterii w glebie nazywa(my) mikrobiotopami ekologicznymi”. Dalej pisze: „Dla bakterii gleba składa się zatem z miliardów jakby oddzielnych «pokoików» komunikujących się z sobą i o ruchomych ścianach. W każdym «pokoiku» co chwila stół zastawiany jest innym pokarmem”. Innymi słowy, aktualnie pojawiający się substrat odżywczy determinuje pojawianie się określonych mikrobiotopów. Podobny punkt widzenia reprezentuje wielu badaczy, między innymi znany mikrobiolog, ekolog L o c k w o d [32], który pisze, że mikroorganizmy ze względu na ubogie środowisko należy rozpatrywać w czasie oraz w przestrzeni i w zależności od dostępności środków odżywczych. Także pojawianie się w określonych warunkach flory zymogennej i jej zanikanie oraz występowanie flory autochtonicznej [35] zgodne jest z tymi koncepcjami. W dodatku, jeżeli dla bakterii o wymiarach około 1 μm , odległości 1 cm, czy tym bardziej 1 metra są nie do przekroczenia, jeżeli substrat odżywczy, wilgotność czy temperatura układu zmieniają się tak często, to naszkicowany powyżej obraz wydaje się adekwatnym odbiciem rzeczywistości.

Tymczasem z badań B a d u r y i B a d u r o w e j [4, 7-9] wynika, że istnieją duże zależności pomiędzy występowaniem zespołów grzybowych (micromycetes) występujących w glebach a szatą roślinną – zespołami roślinnymi. Autorzy identyfikują te wyraźnie obserwowalne relacje pomiędzy występującą w danym siedlisku mikroflorą a roślinnością, z produkcją określonego substratu przez autotrofy, szatę roślinną. Także, zarówno A p i n i s, [3], jak i wcześniej G o c h e n a u e r i W h i t t i n g h a m [16], zwracali uwagę na istnienie współzależności pomiędzy określonymi fitocenoząmi oraz edaficznymi warunkami a zespołami grzybowymi. W prywatnej korespondencji (z 24 marca 1986) prof. M. Christensen (The University of Wyoming, USA) stwierdza, że „Indeed, I lecture on the relatedness of plant communities and soil fungal communities,...” Ta sama autorka w pracy przeglądowej z roku 1981 [13] konkluduje: „We can conclude based on the foregoing surveys that different but intergrading assemblages of microfungi are characteristic in the soils of deserts, grasslands, deciduous forests, coniferous forests, heathlands, and tundras. Further, all or most of the prevalent species in native soils appear to be pandemic. Thus, similar assemblages occur in regions widely separated geographically. Comparisons of coefficients of similarity using top-ranking species in each survey has revealed striking soil microfungi community similarities for: (1) Polish, Italian, Swiss, and North American *Fagus forests*; (2) Swedish, and North American conifer forests...” Także na związek pomiędzy występowaniem mikroorganizmów a roślinnymi gatunkami w zespołach

trawiastych zwracał uwagę w swych pracach S m y k [27]. Za takimi poglądami przemawiałyby także wyniki badań nad ryzosferą. Od dawna wiadomo, że roślina sama selekcjonuje mikroorganizmy występujące w jej systemie korzeniowym. I choć te zespoły mikroorganizmów przykorzeniowych zmieniają swoją strukturę populacyjną wraz z rozwojem rośliny, to jednak są one charakterystyczne dla danego gatunku [23]. Jeszcze inny dowód mogą stanowić obserwacje nad zasiedlaniem przez mikroorganizmy substancji organicznej. Zarówno G o ł a b [17], jak i G ó r s k a [18] obserwowali ponad wszelką wątpliwość zjawiska sukcesji zespołów grzybów mikroskopijnych. Podobne obserwacje, sukcesji promieniowców z rodzaju *Streptomyces*, opisywała S m y ł ł a [30].

Uzyskuje się jednakże podobne wyniki tylko w przypadku, gdy prowadzi się badania przez dostatecznie długi czas. Pojedyncze, krótkotrwałe mikrobiologiczne analizy mogą natomiast stwarzać pozory przypadkowości pojawów.

W świetle powyższych stwierdzeń należy postawić pytanie — jaka jest więc prawda? Kto ma rację? Jak my, ekolodzy mikroorganizmów, mamy patrzeć na występowanie i funkcjonowanie drobnoustrojów w glebach, czy jako na zespoły strukturalnie i funkcjonalnie ściśle związane z danym ekosystemem — naturalnie w znaczeniu O d u m a, czy też pojawianie się i zanikanie poszczególnych populacji mamy wiązać tylko z mniej, lub bardziej przypadkowym „nakryciem się stoliczka”? Mamy więc widzieć glebę jako mozaikę bardzo zróżnicowanych mikrosiedlisk, w których populacje — drobnoustrojów jako wysoce zdeintegrowane — tworzą jak najbardziej różnorodne i przelotne układy, czy też mamy widzieć glebę z jej mikroorganizmami jako część większej całości — ekosystemu ze wszystkimi podporządkowanymi sobie elementami biotycznymi i abiotycznymi, ze wszystkimi układami autoregulacyjnymi warunkującymi jego homeostazę?

Jeżeli mikrobiolodzy tak różnie widzą środowisko glebowe i występujące w nim mikroorganizmy, to należy odwołać się do definicji gleby prezentowanej przez gleboznawców. Jednakże i tutaj natrafiamy na gąszcz różnych sformułowań — od najbardziej uproszczonych, traktujących glebę jako zewnętrzną pokrywę kuli ziemskiej, składającą się z cząstek rozdrobnionej skały [1], poprzez bardziej złożoną definicję; „gleba — utwór powstający w powierzchniowej warstwie zwietrzliny skalnej pod wpływem czynników glebotwórczych i posiadających warunki zaspakajania potrzeb życiowych roślin” [26], czy też „Obiekt zainteresowań gleboznawstwa — gleba — jest tworem przyrody stanowiącym powierzchniową warstwę globu ziemskiego zdolną do zaspakajania zapotrzebowania roślin na składniki pokarmowe i wodę...” [14]. Jeszcze inna definicja brzmi: „Glebą w najszerszym zrozumieniu jest każdy powierzchniowy utwór ziemi zasiedlany przez drobnoustroje i rośliny wyższe...” [31]. Wszystkie te i podobne definicje w istocie traktują glebę jako powierzchnię, na której rosną rośliny korzystające z niezbędnych składników odżywczych. Nie są to

więc definicje uwzględniające ekologiczny punkt widzenia. Jedynie definicja T o m a s z e w s k i e g o [33] koresponduje jednoznacznie ze współczesnymi pojęciami ekosystemu, a może nawet je wyprzedza. Autor ten traktuje glebę „jako naturalny twór posiadający powierzchnię i miąższość, powstały w wyniku wzajemnego oddziaływania skały macierzystej, klimatu i biosfery w określonym czasie”. Ta tylko definicja łączy wszystkie elementy: przemiany mineralnego tworzywa — skały macierzystej, substancji organicznych, syntezy związków humusowych, wymianę energii i materii między żywymi organizmami a substratem glebowym na tle zmian klimatycznych i upływu czasu, odpowiedzialnych za kształtowanie poziomów genetycznych. Jest w tej definicji miejsce i na rośliny wyższe, na drobnoustroje, na kruszywo nieorganiczne i powstające w wyniku transformacji związki organiczne, jest również miejsce na różnorakie funkcje, w wyniku których powstają określone poziomy genetyczne, a wszystko z sobą ściśle współpowiązane. Podobne stanowisko zajmuje S z a b o [32], pisząc: „gleba w rzeczy samej nie jest luźną mozaiką różnych mikrosiedisk, lecz wysoko zorganizowanym systemem kompleksowym o naturalnej dynamice, o ogólnych właściwościach charakterystycznych dla ekologicznych uwarunkowań”.

Innymi słowy, upraszczając zjawisko, jedni uczeni widzą glebę, wraz z makro- i mikroorganizmami i ich funkcjami, jako układy ekologiczne, inni widzą glebę i drobnoustroje jako elementy składowe niezbędne do plonowania roślin. Dla takiego jednakże widzenia świata jest mniej lub bardziej obojętne czy heterogenność gleby odpowiada heterogenności populacji mikroorganizmów. Konsekwencje takiej filozofii dają się jednak odczuć nie tylko w rolnictwie, czy leśnictwie u nas w kraju, ale także za granicą. Przykładem takiego sposobu myślenia może być np. przenawożenie azotem, czy fosforem gleb rolnych, prowadzące do eutrofizacji środowiska. Na ujemne skutki takiego działania wielokrotnie zwracał uwagę S m y k i wsp. [28, 29]. Również mogą o tym świadczyć słabe wyniki uzyskiwane przy nawożeniu, a zwłaszcza wapnowaniu gleb leśnych, o czym donoszą Skandynawowie. Inni uczeni, preferujący ekologiczny punkt widzenia, uważają, że w ekosystemach wszystkie zjawiska są z sobą sprzężone, wszystkie strukturalne elementy są sobie podporządkowane, w wyniku czego ustala się pewien stan równowagi pomiędzy biotycznymi i abiotycznymi elementami, pomiędzy produkcją biomasy i jej rozchodem, rozkładem materii organicznej w określonym czasie. Ustala się stan równowagi określany wzorem $dx/dt = -kx$, gdzie tempo rozkładu (dx/dt) jest proporcjonalne do istniejącej ilości ściółki. Jeżeli poszczególne elementy ekosystemu są z sobą powiązane, to muszą istnieć systemy regulacyjne działające na zasadzie sprzężeń zwrotnych, bądź też układów buforowych. Oba systemy autoregulacyjne warunkują, przynajmniej w stosunku do niektórych czynników, stabilność, którą nazywamy homeostazą. Z pewnością taką rolę regulatorów muszą pełnić pH, Eh i związana z tym dostępność tlenu, a także koncentracja albo, jak kto woli, produkcja etylenu, stosunek C/N, obecność

dostępnych substratów odżywczych — nieorganicznych i organicznych, a nade wszystko występowanie niektórych metabolitów o właściwościach ciał czynnych, np. hormonów. Niewątpliwie bardzo ważną funkcję regulacyjną w glebach, jak się dziś uważa, pełnią polisacharydy śluzów bakterii. Nie można bowiem w tych rozważaniach nie podkreślić faktu, że zarówno ekstracelularne polisacharydy i inne wydzieliny komórkowe, jak i same organizmy glebowe, pełnią istotną strukturotwórczą rolę. Komórki bakterii, promieniowców, w tym bakterii śluzowych, oraz strzępki grzybów są odpowiedzialne za procesy agregacyjne, śluzu i inne związki chemiczne powstałe w wyniku metabolizmu mikroorganizmów działają jako stabilizatory [21, 18]. Z kolei udało się potwierdzić związek pomiędzy strukturą gleby a jej żyznością [22]. Potwierdzono także wcześniejsze obserwacje, iż ze strukturą gleby wiąże się liczebność mikroorganizmów, ich biomasa, a nade wszystko skład metabolitów. Te elementy są w rezultacie odpowiedzialne za fizykochemiczne parametry gleby [11]. Z pojęciem homeostazy nieodzownie związana jest jej pojemność, której przekroczenie prowadzi do załamania się układu, do destrukcji danego ekosystemu. Takie zjawiska są obserwowane w ekosystemach degradowanych przez antropopresję [5, 6].

Wydaje się więc, że od przyjętego widzenia rzeczywistości: holistycznego, całościowego czy jednostkowego, będzie zależała interpretacja wyników naszych badań. Jeżeli gleba i bytujące w niej mikroorganizmy mają spełniać tylko warunki konieczne dla życia roślin i ich produktywności, to należy szukać relacji między właściwościami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi a żyznością gleby. Jeżeli natomiast będziemy widzieli glebę wraz z mikroorganizmami i roślinami jako system ekologiczny, to wyłonią się przed nami zupełnie inne zagadnienia, inne pytania. Od naszego punktu widzenia i ustawiania badań będzie zależeć skuteczność działań zarówno w rolnictwie, leśnictwie czy rekultywacji zniszczonych przez antropopresję terenów, jak również rozumienie funkcjonowania układów ekologicznych. Wyłaniają się także pytania natury technicznej, jak mierzyć całość w jej tak skomplikowanym układzie. Ekolodzy znajdują pewne rozwiązania, ekologizujący mikrobiolodzy formułują dopiero problemy. W roku 1989 odbyło się 5. Międzynarodowe Sympozjum Ekologii Mikroorganizmów. I właśnie na tym sympozjum *Alexander* [2] swój programowy referat kończy następującą znamiennej konkuzją „As a person usually concerned with trees rather than forests, with data rather than general statements, I wish to conclude with the final statement made by the French writer Voltaire in his wonderful satire, *Candide*. After listening to tiresome statements by the presumably erudite Dr. Pangloss, *Candide* states 'It is well said, but we must cultivate our gardens'. I agree with Voltaire. The philosophical statements are important, and they should be borne in mind, but so are the details of our research. Hence, let us turn to our gardens of study”.

LITERATURA

1. Alexander M. — *Ekologia mikroorganizmów*. PWN, Warszawa 1975.
2. Alexander M. — *Microbial ecology in a world under environmental stress*. [W:] *Recent Advances in Microbial Ecology*. Japan Sc. Soc. Press, Tokyo 1989.
3. Apinis A. E. — *Facts and problems*. Mycopathol. Mycol. Appl. 48: 93-109, 1972.
4. Badura L. — *Ricerche sulla micoflora del sotto i fggj dell'Universita di Torino*. Allionia 9: 65-74, 1963.
5. Badura L. — *Relacje między funkcjonowaniem homeostazy ekosystemu a emisjami przemysłowymi*. [W:] *Funkcjonowanie homeostazy w układach ponadorganizmalnych*, red. L. Badura i in. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. Warszawa 1885.
6. Badura L. — *Mikroorganizmy w ekopodsystemach glebowych — ich występowanie i funkcje*. Post. Mikrobiol. 24: 153-185, 1985.
7. Badura L., Badurowa M. — *Występowanie grzybów glebowych w zbiorowisku bukowym rezerwatu „Lubsza”*. Acta Soc. Bot. Pol. 33: 507-527, 1964.
8. Badurowa M., Badura L. — *Further investigation on the relationship between the soil fungi and the macroflora*. Acta Soc. Bot. Pol. 36: 515-529, 1967.
9. Badurowa M., Badura L. — *A comparative study on the occurrence of microscopic fungi on leaves and needles from different species of trees growing within the reserve „Kamień Śląski”*. Ekologia Polska 16: 408, 1968.
10. Burns R. C. — *Interaction of microorganisms their substances and their products with soil surface*. [W:] *Adhesion of Microorganisms to Surface*, red. D. C. Elwood, J. Melling, P. Rutter, Acad. Press, London, 1979.
11. Burns R. G., Davis J. A. — *The microbiology of soil structure*. Biol. Agr. & Hort. 3: 95-113, 1986.
12. Chesters C. G. C., Taligoola H. K. — *Colonization of Phragmites communis leaves by fungi*. Nova Hedwigia 23: 113-124, 1972.
13. Christensen M. — *Species diversity and dominance in fungal communities*. [W:] *The Fungal Community*. red. D. T. Wicklow, G. C. Carroll, Publ. M. Dekker, Inc. New York 1981.
14. Dobrzański B., Zawadzki S. — *Gleboznastwo*. RWRiL, Warszawa 1981.
15. Foster R. C. — *Polysaccharides in soil fabrics*. Sci. 214: 665-667, 1981.
16. Gochenaur S. E., Whittingham W. F. — *Mycoecology of willow and cottonwood lowland communities in southern Wisconsin*. Mycopathol. Mycol. Appl. 33: 125-139, 1967.
17. Gołąb Z. — *Udział grzybów mikroskopowych w rozkładzie liści bukowych i grabowych w naturalnych warunkach*. Roczn. Glebozn. 29: 65-77, 1978.
18. Górska B. — *Zmiany mikoflory podczas rozkładu materiału roślinnego w dwóch różnych siedliskach leśnych*. Acta. Biol. Katowice 10: 99-117, 1982.
19. Kezdi A. — *Handbook of Soil Mechanics*. Akad. Kiado, Budapest 1974.
20. Kunicki-Goldfinger — *Życie bakterii*. PWN, Warszawa 1982.
21. Lynch J. M. — *The terrestrial environment* [W:] *Microbial Ecology a Conceptual Approach*, red. L. M. Lynch, M. J. Poole, Publ. Blackwell Sci., Oxford, London 1979.
22. Lynch J. M. — *Interaction between biological processes, cultivation and soil structure*. Plants & Soil 76: 307-318, 1984.
23. Lynch J. M. — *The rhizosphere*. J. Wiley & Sons, Chichester, New York 1990.
24. Odum E. P. — *Podstawy ekologii*. PWRiR, Warszawa 1982.
25. Richards B. N. — *Wstęp do ekologii gleby*. PWN, Warszawa 1979.
26. *Słownik gleboznawczy*. PWRiL, Warszawa 1976.
27. Smyk B. — *Mikroorganizmy występujące w środowiskach glebowych i wodnych Niecki Nidziańskiej*. Stud. Oś. Dok. Fizjograficznej, 16: 7-58, 1988.

28. Smyk B., Różycki E., Barabasz W. — *Wpływ nawożenia mineralnego NPK na kształtowanie się mikrobiocenozy i zawartość aminokwasów w biomasie mikroorganizmów glebowych górskich ekosystemów trawiastych*. Acta Agr. & Silv., 23: 149-164, 1984.
29. Smyk B., Różycki E., Barabasz W. — *The effect of fertilization with N and NPK on the microbiocenoses and the ecological stability of selected mountain grassy ecosystem* [W:] *Microbial Communities in Soil*, red. V. Jensen, A. Kjoller, Publ. L. H. Sørensen, 1986.
30. Smyła — *The occurrence of Actinomycetes of Streptomyces genus according to the substratum and its decomposition*. Acta Biol., Katowice, 10: 88-98, 1982.
31. Strzemiński M., Siuta J., Witek T. — *Przydatność rolnicza gleb polskich*. PWRiL, Warszawa 1973.
32. Szabo J. M. — *Microbial communities in a forest — rendzina ecosystem*. Acad. Kiado, Budapest 1979.
33. Tomaszewski J. — *Nauka o glebie*. PWRiL, Warszawa 1964.
34. Van Dyne — *The ecosystem concept in natural resource management*. red. G. M. Van Dyne, Acad. Press, New York 1969.
35. Winogradski S. — *Mikrobiologia gleby*. PWRiL, Warszawa 1953.

STEFAN M. JANION

Instytut Ekologii PAN

Dzianów Leśny

k. Warszawy

NADZIEJA W EKOLOGICZNEJ DOKTRYNIE SPOŁECZNEJ?

Współczesny kryzys środowiskowy to nie tylko i nie przede wszystkim dewastacja i niewydolność otaczającego nas środowiska przyrodniczego, to kryzys relacji międzyludzkich, wartości kulturowych, kryzys dotychczasowych dostosowań człowieka do środowiska, które sam kreuje. Sprowadzanie potocznie rozumianej ochrony środowiska wyłącznie i tylko do ochrony otaczającej nas przyrody, gleby, wody i powietrza może zawierać w sobie ukryte niebezpieczeństwo. Jest to oddzielanie od siebie, nieujawnianie i nienadawanie odpowiedniego znaczenia kryzysowi politycznemu, doktrynalnemu i społecznemu, związanemu nierozdzielnie z kryzysem przyrodniczym (środowiskowym). Należy zagadnienia te rozpatrywać jako nierozłączne i kształtować światopogląd ekologiczny (całościowy, holistyczny, systemowy).

Tak, w bardzo lapidarnym skrócie, można streścić podstawowe postulaty i dążenia większości ostatnio bardzo licznie tworzonych (w roku 1988 około 2 tys.) oficjalnych i nieoficjalnych, połączonych więzami organizacyjnymi, jak i bez takich więzi, grup społecznych i politycznych. Środowiska te określają się jako ekologiczne i propagują poglądy głoszące, że ochrona środowiska jest nierozzerwalnie związana z ochroną i rozwojem kulturowych praw człowieka. Pewną wykładnią takiego sposobu widzenia tych zagadnień w naszym kraju, w formie oficjalnej, a więc mniej radykalnej, znaleźć można w wydanej w roku 1988 pracy nieodżałowanego orędownika i propagatora ochrony środowiska, Prof. J. Aleksandrowicza, pt. *Sumienie ekologiczne*. Większa część zawartych tam postulatów znajduje pełne uzasadnienie w tak ostatnio szybko rozwijającej się i będącej bardzo popularną dziedziną wiedzy, jaką jest ekologia.

Ten kierunek wiedzy, którego zręby zaczęły się formować w końcu ubiegłego stulecia, analizuje współzależności (relacje) między organizmem i jego środowiskiem. W okresie międzywojennym zyskał sobie dość liczne grono entuzjastów, szczególnie wśród botaników i hydrobiologów, ale też wśród mających przyrodnicze przygotowanie socjologów. Tworzyli oni znaną chicagowską szkołę socjologii. W latach 40. równolegle z rzeczywistością dyktowaną napiętymi warunkami politycznymi (zimna wojna) i związanym z tym dążeniem do utrzymania i spotęgowania za wszelką cenę ogromnego przyspieszenia tempa rozwoju przemysłowego uzyskanego w latach wojny, równolegle z roz-

wojem nauk fizycznych i biochemicznych, rozwijała się ekologia. Stopniowo w jej zakres włączana była wszelka działalność człowieka, nieuchronnie związana z jego korzystaniem z otaczającego go ożywionego i nieożywionego środowiska.

W Polsce po wojnie, z niemałymi trudnościami powodowanymi raczej tradycyjnymi zwyczajami podziału nauk, ekologia stopniowo zdobywała sobie prawo funkcjonowania i miejsce wśród innych dyscyplin.

Rozwój tej gałęzi nauki w naszym kraju przebiegał dość odmiennie niż to się zwykle dzieje w rozwoju wiedzy. Warunki i sytuacja polityczno-gospodarcza spowodowały, że podstawą względnie szybkiego jej rozwoju stały się nie potrzeby, czy wymagania społeczno-gospodarcze, bo takie naciski prawie nie istniały, ale zaczerpnięta z krajów o wysokim rozwoju przemysłowym (przede wszystkim USA), już powstała w konsekwencji ich rozwoju i wypływająca z osiągnięć praktyki i uogólnień hipotetycznych, odpowiadająca ówczesnemu rozwojowi innych nauk, teoria ekologiczna. Teoria ta stała się podstawą do rozpoczęcia w naszym kraju, na względnie dużą skalę, badań podstawowych i co nie mniej ważne, stała się bodźcem do przenoszenia i propagowania tej wiedzy w szkołach wyższych. Udział Polski w organizacji Międzynarodowego Programu Biologicznego (1968-1972) i naszego poważnego wkładu w jego niekwestionowany sukces, jest dobrym przykładem osiągnięć polskich ekologów na tym polu. Zaistniała więc sytuacja z jednej strony bardzo korzystna – nie zostawaliśmy w tyle za rozwojem tej dziedziny wiedzy na świecie, z drugiej powstał poważny hiatus związany z niedostateczną transmisją osiągnięć badań podstawowych do ośrodków resortowych związanych bezpośrednio z praktyką, czy do tzw. decydentów. Było to tym drastyczniejsze, że nacisk opinii społecznej, dotyczący racjonalnej gospodarki środowiskiem, zaczął nieustannie narastać. A jednak w okresie tym zostały położone podwaliny pod „ekologiczny sposób myślenia”, chodziło o ich ugruntowanie, przenikanie do innych dyscyplin wiedzy, do praktyki, o rozpowszechnianie i stosowanie w życiu gospodarczym.

Różne, zmienne koleje losu, często tak bardzo niekorzystne dla rozwoju nauki, spowodowały, że nastąpiło bardzo znaczne zahamowanie i opóźnienie postępu w tej dziedzinie wiedzy w stosunku do następujących zmian w kraju. Nastąpiło opóźnienie nawet w wystarczającym rozumieniu podstawowych zasad racjonalnej, ekologicznej gospodarki środowiskiem. Jednak bardzo silny nacisk opinii społecznej (określony typ koniunktury) spowodowały, że zaczęto poszukiwania, z konieczności szybkich i powierzchownych, środków zaradczych. Stało się modne, w gruncie rzeczy bardzo dezintegrujące hasło, mające właśnie taki zaradczy wydźwięk, że to co „technika zepsuła, niech technika naprawi”. Pewnym sukcesem było przeorientowanie w dość dużym tempie szeregu różnego rodzaju instytucji o bardziej naukowym lub bardziej administracyjnym odcieniu, których zadaniem stała się ochrona środowiska. Całość tych działań, mimo niezaprzeczalnych osiągnięć, szczególnie tam i wte-

dy, gdzie presja społeczna była wyjątkowo silna, nie spowodował koniecznych zmian postępowania decydentów różnego stopnia do dążenia w kierunku prowadzenia racjonalnej gospodarki. Znakomita większość współczesnych posunięć ekonomicznych, inwestycyjnych, politycznych wskazuje na to, że myślenie ekologiczne nie stało się faktem lub że tłumią je komercyjne doraźne potrzeby.

Ta mała skuteczność działania administracji w kierunku „ekologizacji postępowania” i osiągany jednak postęp cywilizacyjny, jak też wzrastająca nieustannie łączność ze światem, przy braku równoległego rozwoju ogólnie akceptowanych struktur społecznych, grozi wzrostem patologii społecznej, kształtowaniem się społeczeństwa anonimowego. Wyraża się to zanikaniem dotychczasowych relacji międzysobicznych (więzi) i następuje na tyle szybko, że uniemożliwia adaptację do zachodzących przemian (tzw. opóźnienie kulturowe), stwarzając poczucie lęku i niepewności jednostki, jej alienację, wzmagając społeczną frustrację. Daje się zaobserwować utratę szeregu dotychczasowych wartości kulturowych, które przestają funkcjonować jako nośniki znaczącej informacji społecznej. Z drugiej strony, następuje też przyspieszenie przewartościowywania dotychczasowych dążeń społecznych związanych z otaczającym środowiskiem. Jest to z powodzeniem wykorzystywane w tworzeniu „nowych wartości” (dotyczy to nie tylko naszego kraju) przez różnego rodzaju ugrupowania polityczne, których cele najczęściej ograniczają się do interesu reprezentujących je grup. Ale wzmaga się również i nabiera coraz większej wagi radykalizacja, która wiąże się tu z kształtowaniem się światopoglądu ekologicznego i budowaniem na tej podstawie doktryn społeczno-politycznych. Doktryn często niejasno i nie do końca sprecyzowanych, ale mających zdecydowanie wspólny mianownik — zapewnienie wszystkim równych praw i obowiązków wobec ożywionego i nieożywionego środowiska. Dążenia te zawierają również bardzo silne poczucie globalnego zagrożenia i globalnej wspólnoty, pragnienia tworzenia nowych, uniwersalnych wartości. Nietrudno przewidzieć, że w najbliższej przyszłości właśnie te dążenia staną się dominujące i warto dlatego choćby kolokwialnie, redukując je do współczesnego rozwoju ekologii, uzasadnić powody ich rozprzestrzeniania się i ich wykładni.

Wyodrębnienie się z jedności, jaką stanowimy z materią będącą tworzywem tego świata, sprowadzało się do powstania z nieznanых przyczyn, znajdując wyraz w chemicznych i biochemicznych przekształceniach, tendencji do uniezależnienia się od otaczającego środowiska, do jedynej niepowtarzalnej w swoim rodzaju autonomii — życia. Dzięki zaistniałym prawom doboru naturalnego następowało rozwijanie się i pogłębianie tej autonomii od zdolnej do kopiowania samej siebie prakomórki, aż do pojawienia się świadomości, którą obdarzony został tylko jeden gatunek na tym świecie — *Homo sapiens*. Gatunek ten uzyskawszy samoświadomość zyskał nieprawdopodobnie dużo — szansę całkowitego wyzwolenia się spod kontroli otaczającego środowiska, kontroli realizowanej przez prawa doboru naturalnego. Wyzwalanie się spod praw

doboru naturalnego pociągało za sobą równoległe uzależnianie się od praw innych, opartych na właściwościach danych tylko temu gatunkowi, który potrafił wytworzyć własne, tylko jemu właściwe i z właściwymi mu prawami środowisko.

Środowisko to powstało w wyniku istniejących i kształtujących się, niezbędnych, bo warunkujących przetrwanie, kompleksów współzależności (relacji) międzyosobniczych, właściwych całemu światowi ożywionemu, ale tylko tu opartych na wzajemnym przekazie informacji sterowanej świadomością, przechodzącej z pokolenia na pokolenie. Wszystko to jednak wywodziło się, związane było i jest organiczną współzależnością z otaczającym ożywionym i nieożywionym środowiskiem. Toteż rozwój umiejętności polegających na wykorzystywaniu tego środowiska, przez dostosowywanie go do własnych potrzeb, nieuchronnie powodował tworzenie uzależnień, praw, których przestrzeganie, warunkujące najlepsze przeżycia osobnika, rodziny, plemienia, stało się zasadniczym elementem integrującym każdą, kształtującą się w celu lepszego przetrwania, grupę socjalną. Integracja ta, oparta na współzależnościach międzyosobniczych, tworzących się przy reprodukcji, zdobywaniu, czy podziale pokarmu, kształtowała świadomość społeczną, przybierając z czasem postać określonych wartości kulturowych, które stały się skutecznym narzędziem samoregulacji (mechanizmów zapewniających optymalne przetrwanie i ciągłość pokoleń), tworzonego w ten sposób środowiska. Z czasem wartości te stały się tak silne, że ograniczanie osobniczej autonomii, często w ich imię, doprowadziło nawet do rezygnacji z życia, czy reprodukcji. Należy zdawać sobie sprawę, że są to wartości, które kształtowały się w określonych realiach środowiskowych z relacji międzyosobniczych na tyle trwałych, opartych również na naszej biologii, że ich zmiany wymagają relatywnie długiej ewolucji. Przykładem jest np. terytorializm, mający w wartościach kulturowych bardzo silne biologiczne podłoże, związany z obroną autonomii osobniczej, jako wyraz jej nienaruszalnych przestrzennych wymiarów. Odpowiada to najczęściej różnym odmianom pojęcia ojczyzna. Znajduje też różne formy społecznych norm i tradycji w różnych kulturach. W naszym kręgu ujawnia się niezmiennie przez całe życie niesłabnącym dążeniem do uzyskania i utrzymania określonego terytorium. Jest to dążenie tak silne, że troska o zapewnienie nienaruszalnego, chronionego różnymi prawami i zwyczajami terytorium sięga poza życie i dotyczy szczątków doczesnych. Kultury Wschodu, kształtowane prawdopodobnie większą presją zagęszczenia, wykształciły odmienny ideał, terytorializmu przetransponowanego w utożsamianie się ze środowiskiem, którego realizacja możliwa jest po śmierci przez rozsypywanie prochów.

Dlatego tak interesującym zjawiskiem w kształtowaniu się omawianych nowych wartości kulturowych, szukających uzasadnienia w idei globalnej wspólnoty (zagrożenie), jest znajdująca dość powszechną aprobatę dążność do przewyciężenia w odczuciach jednostek ograniczeń terytorialnych (poczucie więzi, bezpieczeństwa).

Rozwój formacji społecznych wynika i związany jest nierozdzielnie z rezygnacją z jednych, a akceptacją innych relacji międzysobniczych (szeroko rozumianych relacji organizm — środowisko), z określoną ewolucją wartości kulturowych. Zachowawczość, wypływająca z obrony już utrwalonych wartości, stanowi tu bardzo ważny i istotny składnik mechanizmów samoregulacji na poziomie społecznym. Stąd też kształtowanie się wartości kulturowych nie jest prostym przedłużeniem (efektem) kooperacji (relacji) między organizmami. Zwierzęta, które nie dziedziczą wartości (cech) nabytych, tworzą związki międzysobnicze (kooperację) oparte tylko na przekazie informacji behawioralnej. Związki te nie są trwałe. Dotyczą one często nawet długiego szeregu pokoleń określonych populacji, ale ze zmianą warunków informacja ta zanika. Dzięki łatwości zmian tych relacji (informacji behawioralnej), populacje zwierząt mają bardzo skuteczną (poza ewolucją biologiczną) zdolność szybkiego dostosowywania się do zmieniających się czynników środowiska. Wynikająca z tych współzależności kooperacja międzysobnicza (relacje) nie wytwarza nic więcej, poza zaspokojeniem podstawowych potrzeb biologicznych, obrony osobniczej autonomii, przeżycia i reprodukcji. Dzięki wykształceniu się informacji opartej na samoświadomości, właściwej tylko gatunkowi *Homo*, powstały inne mechanizmy obrony osobniczej autonomii. Skuteczność kontroli nad odbieranymi bodźcami (optymalną obroną osobniczej autonomii) zapewnia tu wewnątrzsterowność. Funkcjonuje ona równolegle i zależnie od kształtujących się relacji międzysobniczych i jednocześnie zawiera w sobie stałe przeciwstawianie się tym uzależnieniom, ujawniając w ten sposób ten szczególnie mechanizm samoregulacji na poziomie osobniczym.

Stąd wspomniana, wymuszana zawsze przez przekształcające się warunki środowiska, jednoczesna konieczność przebudowy relacji międzysobniczych, rzadko jest swobodna. Rzadko wypływa ona z przekonania, że rezygnacja z jednych wartości, wynikających z dotychczasowych relacji, nie przekracza możliwości tworzenia wartości innych, nowych, często wzmacniających autonomię jednostki i jej wewnątrzsterowność. Mimo to, w stosunku do czasu życia jednostki, jest to proces szybki (od pojawienia się zjawisk kulturowych upłynęło zaledwie 500 pokoleń, a od narodzin Chrystusa 100). Może dlatego przebiega on często gwałtownie i pochłania ofiary. Gatunek nasz płacił i płaci za zdobywanie doświadczeń o skuteczności dostosowywania się dość wysoką ceną. Ale na podstawie dotychczasowych dostosowań można sądzić, że trend tego procesu zdążającego do przetrwania naszego gatunku jest jasny, jest to stałe wzmacnianie autonomii jednostki, jej wewnątrzsterowności.

Warto tu przypomnieć, że ewolucja, tak gatunku *Homo*, jak i całego otaczającego go świata ożywionego, zdąża stale w jednym kierunku, sprowadza się zawsze do przystosowań zapewniających najskuteczniejszą obronę osobniczej autonomii, obronę życia przed kontrolą czynników zewnętrznych. Ta tendencja jest motorem wszystkiego, co się dzieje na tym najlepszym ze światów, kształtuje tego świata oblicze i chyba stanowi najpewniejszą gwarancję przetrwania naszego gatunku.

Ten krótki opis dotyczący wyzwalania się naszego gatunku spod kontroli środowiska, kontroli realizowanej przez prawa doboru naturalnego, wskazuje, że tracił on równolegle zdolność do ewolucji biologicznej w jej darwinowskim rozumieniu. Niezbędnymi czynnikami tej ewolucji są: zmienność, dziedziczność, walka o byt i dobór naturalny. Zmienność i dziedziczność pozbawione mechanizmów dostosowawczych do warunków środowiskowych, którymi są walka o byt i dobór, przestały spełniać dotychczasową rolę. Czynniki kulturowe, które zastąpiły walkę o byt i dobór, na podstawie już danych cech genetycznych, kształtowały dostosowania będące wynikiem tylko relacji międzyosobniczych i informacji opartej na samoświadomości. Równolegle ze znaczeniem, jakie przejmowała na siebie ta informacja, kształtowały się też i jej mechanizmy — komunikacja i tradycja. Dzięki temu uzyskiwane przystosowania osiągnęły nie notowaną dotąd szybkość, skuteczność i trwałość. Umożliwiało to coraz pełniejszą kontrolę nad otaczającym środowiskiem biologicznym, aż do całkowitego uniezależnienia się od jego wpływów. Przestały mieć znaczenie i sens dostosowania biologiczne (genetyczne), które wymagają relatywnie dłuższego (liczonego liczbą pokoleń) czasu, aby mogły się utrwalić, i jak można sądzić, poważnych strat materiału biologicznego.

Czy w związku z tym i mimo to osobniki tego gatunku (*Homo sapiens*) uzyskały szansę biologicznej nieśmiertelności? Można sądzić, że w bogatych społeczeństwach, bogate warstwy, dzięki osiągnięciom nauki, do takiej szansy się zbliżą. Odgrywa to bez wątpienia już teraz przemożny wpływ na kształtowanie się społecznych relacji w tworzeniu się wartości kulturowych. Można domniemać, że problem ten, z równoległym dążeniem do korzystania z „nieskażonego” środowiska, stanie się jednym z podstawowych czynników społecznych różnicowań i konfliktów.

Wszystko to wskazuje, że kształtowanie się dążeń społecznych na naszym globie będzie zmierzało w określonym kierunku. Kierunek ten, determinowany przemożnym przekonaniem o potęgującym się zagrożeniu bytu i konieczności jego ochrony, jako cel nadrzędny w stosunku do wszelkich innych, będzie stopniowo formował odpowiednie do tych przekonań zachowania, zwyczaje, wartości. Czy zawsze będą w tym dominowały wartości humanistyczne?

A czy ekologia może stanowić podstawę dla budowy humanistycznego światopoglądu? Światopoglądu wykorzystującego jej podstawy, opartego na wewnątrzsterowności jednostki i dzięki temu posługującemu się, łatwo odbieranym i przyswajanym przez wszystkich, kodem informacji? Czy może stać się przyrodniczą podbudową i pomostem dla psychologii humanistycznej?

Wydaje się, że tak, że istnieją podstawy do powstania zrębów kultury uniwersalnej, globalnej, kultury odwołującej się do źródeł w ekologicznych powiązaniach i współzależnościach tego świata, kształtujących określony typ moralności i etyki. Jej podstawę stanowi autonomia i podmiotowość osobnicza, jako nieuchronna konsekwencja powstania i rozwoju życia na Ziemi, a horyzontem powinno być człowieczeństwo, kształt i jakość bytu na Ziemi. Pełnia tego bytu może się realizować jedynie przez autonomię (wolność) jednostki.

Ewolucja kultury i historii społeczeństwa umożliwiła nam poznanie własnej istoty, uświadomienie sobie jej biologiczno-duchowej dwoistości, ludzkiego dramatu, fenomenologii ducha. Pozwoliła na odkrycie i poznanie istoty wolności, która może być dostępna jedynie wtedy, kiedy będziemy mogli bezkarnie sięgnąć po rajske jabłko, kiedy przekroczymy granicę dobra i zła, kiedy zrealizujemy Hegłowski „byt dla siebie” i uzyskamy harmonię między środowiskiem zewnętrznym i wewnętrznym. Wolność, którą przyniesie nam pełnia możliwości tworzenia samego siebie wśród innych, w samotności wśród innych, dzięki innym.

*STEFAN M. JANION*Instytut Ekologii PAN
Dzianów Leśny
k. Warszawy

SAMOREGULACJA

Walka o byt, odkryty przez Darwina czynnik ewolucji, realizuje się w naturze przez najróżnorodniejsze mechanizmy obrony osobniczej autonomii [1], autonomii dzięki której spełniane są podstawowe cele życiowe — przeżycie i reprodukcja.

Wśród osobników o wspólnej puli genetycznej walka o byt przybiera formę zharmonizowanych relacji międzysobniczych (strukturę) [1], umożliwiających funkcjonowanie takich grup i tworzących populację. Następuje to dzięki zmienności relacji międzysobniczych, które są podstawowym warunkiem funkcjonowania i trwania populacji w czasie i dostosowywania się osobników do zmiennych czynników środowiska. Zawsze jednak siłą napędową i czynnikiem sprawczym zapewniającym trwałość i funkcjonowanie tych zharmonizowanych relacji międzysobniczych pozostaje obrona osobniczej autonomii [1]. Uformowane na tej zasadzie relacje międzysobnicze (walka o byt), przez selekcjonowanie optymalnych reakcji (dobór naturalny) i ich powtarzanie, przekształcają się w utrzymujące odpowiednie zagęszczenie przystosowania określane jako samoregulacyjne.

Utrzymywanie się tych przystosowań wypływa z istnienia granicy wielkości napięć międzysobniczych, ponieważ samoregulacja zachodzi na drodze większego lub mniejszego ograniczenia osobniczej autonomii, a więc kosztem wzrostu lub osłabienia wielkości tych napięć. Przekroczenie tej granicy powoduje zakłócenia relacji międzysobniczych i przez faworyzującą optymalne reakcje selekcję, dążenie do stanu minimalnych napięć, relacji zapewniających optymalną reprodukcję i zagęszczenie. Dlatego też nie należy samoregulacji utożsamiać z pojęciem homeostaza, dotyczącym procesów utrzymujących wyłącznie stałość wewnętrznego środowiska organizmów.

Stan ten (minimalizacji napięć) może być osiągany przy różnych liczebnościach populacji i w bardzo różnych sytuacjach środowiskowych [2, 3]. Nie istnieje zatem jakieś konkretne zagęszczenie, w którym procesy życiowe osiągają swoje optimum. Dzieje się tak dzięki prawie nie ograniczonym możliwościom dostosowywania się organizmów, przez zmiany relacji międzysobniczych [4], do zmiennych czynników środowiska.

Ostatecznie samoregulacja jest sposobem realizowania się prawidłowości doboru w czasie życia osobnika, pokolenia, w sekwencji osobnik i jego, mające stałe genetyczne podłoże, reakcje wyrażające się „egoistyczną” obroną osobniczej autonomii. Pochodną takiego sposobu działania doboru jest powtarzanie i utrzymywanie już osiągniętych przystosowań powodujących minimalizację reakcji obronnych („zachowawczość samoregulacji”), utrzymywanie tych reakcji (przystosowań) hamujących napięcia w relacjach międzyosobniczych, co zapewni optymalną reprodukcję. Osiągane jest to różnymi sposobami przez zmiany relacji międzyosobniczych, poprzez rozrodczość i migracje, prowadząc się ostatecznie do dostosowania zagęszczenia populacji do istniejącej sytuacji środowiskowej. Zagęszczenie populacji jest zatem pochodną relacji międzyosobniczych w konkretnej sytuacji środowiskowej.

Jednym z od dawna znanych tego rodzaju mechanizmów kształtowania się optymalnych populacji jest hierarchia dominacyjna. Realizuje się ona poprzez kształtowanie się między osobnikami takich relacji, w których kosztem i przez ograniczenie ich osobniczej autonomii powstają mechanizmy umożliwiające harmonijne funkcjonowanie, przeżycie i optymalną reprodukcję w ten sposób powiązanej ze sobą grupy osobników. Aby proces kształtowania się tego rodzaju mechanizmów nastąpił, muszą zostać spełnione określone warunki. Przeprowadzone w tym kierunku badania wykazały [5], że kształtowanie się relacji między dojrzałymi — różnej płci — osobnikami myszy laboratoryjnych, które nie miały dotychczas ze sobą kontaktów (przebywały w izolacji), a które następnie połączono, przebiega w dwóch głównych fazach. W pierwszej następuje skupianie się osobników w duże, stale zmienne, nietrwałe grupy i kontaktowanie się „każdy z każdym”. Postawy osobników w tej wstępnej fazie są plastyczne, osobniki wykazują małe zróżnicowanie zachowań, walki i kopulacje są bardzo częste i toczą się ze zmiennym powodzeniem. Jeżeli nie pozwolimy osobnikom, izolując je stale od siebie po niezbyt długim okresie przebywania razem, przejść do następnej fazy kształtowania się relacji, to mimo wielokrotnego powtarzania fazy pierwszej z tymi samymi osobnikami (doświadczalnie jest to możliwe), samice nie zachodzą w ciążę. Tak długo, jak długo nie dopuszczamy do ukształtowania się związanych wzajemnym warunkowaniem relacji międzyosobniczych, zwierzęta nie reprodukują się. A zatem, bez ukształtowania się i utrwalenia określonych relacji między osobnikami, nie tworzą one zdolnej do trwania w czasie grupy.

Jeżeli po tym, wymagającym wzajemnej międzyosobniczej adaptacji okresie, przestaniemy ingerować przez stałe izolowanie osobników, to liczebność dotychczas tworzonych grup zmaleje, to znaczy, że tworzone grupy są mniejsze i jest ich więcej, zdecydowanemu zmniejszeniu ulega też liczba walk i mają one inny charakter — potwierdzają już tylko uzyskaną przewagę. Następuje też zdecydowane zmniejszenie liczby kopulacji, trwają one dłużej i są skuteczne, bezpłodne dotąd samice stają się ciężarne. Zaczyna się ustalać hierarchia dominacyjna w jej często opisywanym klasycznym kształcie [6]. Najbardziej

zauważalnym efektem tego stanu jest to, że na drodze ustępowania i unikania walk z osobnikami, które uzyskaly przewagę (dominację), następuje zahamowanie i zmniejszenie napięć międzyosobniczych, co umożliwia efektywne kopulacje. Polega to z jednej strony na zdolności samca do skutecznej kopulacji, z drugiej na gotowości samicy do zapłodnienia [7]. Ostatecznie zapewnia to reprodukcję i trwanie populacji w czasie.

Według tego podstawowego schematu kształtują się inne różnego rodzaju mechanizmy hierarchii dominacyjnej.

Dobrym przykładem jest stado. Tu, szczególnie kosztem pozbawienia się indywidualnego arealu, osobnik zyskuje lepszą obronę przed drapieżcą, ma możliwości bezpiecznego rozrodu i zachowania potomstwa. Jest to wykształcona w trakcie rozwoju, zwiększająca szansę przeżycia, forma dostosowania się do określonych warunków. Prześledzenie tego typu dostosowania związanego z presją czynników zewnętrznych (antropogennych) podaje P o l a k [8], opisując adaptację sarny do wzrostu natężenia bodźców związanych ze skutkami industrializacji badanego obszaru. Znane i uznawane jako ekotyp „polny”, różny od sarny „leśnej”, jest jej występowanie w chmarach. Otóż trwale chmary (stada) sarny pojawiają się również i u sarny „leśnej” tam, gdzie występuje ona w okolicach o wzrastającym natężeniu uprzemysłowienia. Przez reakcje na płoszenie, które jest równie silnym bodźcem, co stan bezpośredniego zagrożenia, następuje utrata osobniczego arealu i grupowanie się w stadzie.

Innym przykładem, gdzie przez utratę osobniczej autonomii, wyrażającej się hamowaniem rozmnażania, następuje regulowanie zagęszczenia związane z zasobami pokarmowymi środowiska, jest niedochodzenie do rozrodu w populacji gryzoni, określonej grupy samic [9]. Przykładem takim jest mała zmienność liczebności samic *C. glareolus* zdolnych do rozrodu na ograniczonym, o stałej bazie pokarmowej obszarze (wyspa). Niezmienność ta waha się w granicach około dwukrotnego wzrostu liczebności osobników, co wskazuje również na określoną stałość relacji międzyosobniczych. Ich zmiany ujawniają się przy sztucznym zwiększeniu na tym obszarze bazy pokarmowej [10], powodując określony wzrost liczebności osobników (dochodzenie do rozrodu większej liczby samic) i jej utrzymywanie się.

Ten typ tolerancji na obecność innych osobników (wzrost zagęszczenia), kosztem zmian relacji terytorialnych, powodowany jednak innymi bodźcami niż np. w stadzie, przy wzroście bazy pokarmowej, można obserwować też u dzika [11].

W warunkach nieograniczonej przestrzeni, zmiany napięć międzyosobniczych (reakcji obronnych), wywołane najczęściej zmianami sytuacji pokarmowej i współzależności terytorialnych, mogą nasilać proces przemieszczania się osobników w przestrzeni czyli migrację. Część, lub czasami nawet przy indukowanym stresie, całość populacji na danym obszarze migruje w poszukiwaniu innych warunków. Jest to wbrew często wysuwanym sugestiom, nie mniej skuteczna reakcja osobników na bodźce środowiska, niż pozostawanie

na miejscu i obrona własnego terytorium. Migracja jest silniej lub słabiej wyrażającym się, w zależności od zakodowanych na drodze ewolucji w genotypie właściwości i natężenia działających bodźców, programem realizującym się przez reakcje osobnika, zapewniającym najlepsze przetrwanie.

Ale może zachodzić także proces odmienny. Obserwowano [12], że np. w czasie masowego pojawu *A. agrarius*, zakłócenia w kontaktach międzyosobniczych, wywołane szybkim zwielokrotnieniem na ograniczonej przestrzeni liczebności osobników, spowodowały zmniejszenie ich ruchliwości. Następstwem tego było ograniczenie penetracji środowiska (mające też odbicie w składzie ektopasożytów w sierści gryzoni) i kontaktów międzyosobniczych.

Przy wahaniach bazy pokarmowej, podobnie jak i przy zagrożeniu z „zewnątrz”, skuteczność reakcji osobniczych wyraża się zmianami wymagań terytorialnych, wiąże się to ze zwiększoną tolerancją (zmiany dotychczasowych relacji międzyosobniczych) na zwiększające się zagęszczenie. Może to przybierać różne rodzaje form izolacji osobnika wewnątrz grupy, głównie przez ograniczenie kontaktów, przez ograniczenie ruchliwości, imigrację. Określone natężenie napięć międzyosobniczych może też prowadzić do stopniowania w hamowaniu rozrodu i w konsekwencji do jego ograniczenia.

Przykłady te wskazują, że samoregulacja, to wynikające ze struktury [1], jaką jest populacja, wywołane bodźcami środowiska, łączące się ze zmianami relacji przestrzennych, zmiany relacji międzyosobniczych prowadzące do zmian zagęszczenia. Istotnym i znaczącym jej przejawem w ekosystemie są zmiany liczebności populacji w różnych sytuacjach środowiskowych.

Decydujące o relacjach międzyosobniczych, związane z samoregulacją procesy behawioralne, w których selekcja kształtuje optymalne, ale połączone z ograniczeniem autonomii reakcje osobnika, przyjęło się określać jako niekorzystne dla osobnika. Procesowi temu dlatego nadaje się też często określenie doboru grupowego [13, 14]. Samoregulacja jest, determinowanym relacjami międzyosobniczymi procesem dostosowywania się i, tak jak każdy inny proces dostosowania się osobnika do zmiennych czynników środowiska, sprowadza się zawsze do selekcionowania przez dobór najlepszych form jego (osobnika) uniezależnienia się od kontroli czynników zewnętrznych. W procesie samoregulacji zachodzi to kosztem większego lub mniejszego ograniczenia osobniczej autonomii i tylko dzięki temu możliwa jest tu optymalizacja relacji międzyosobniczych. Z tego powodu takie efekty przystosowań traktuje się też często, czy określa, jako skutki działania doboru grupowego.

Samoregulacja jest zatem realizacją dotyczącej osobnika strategii doboru, gdzie selekcji podlegają jego „egoistyczne” reakcje, które przy zachowaniu jego autonomii, ale i jej kosztem, są podstawą do kształtowania się relacji międzyosobniczych umożliwiających optymalną reprodukcję — przedłużenie autonomii i jej zachowanie przez przeżycie potomstwa.

LITERATURA

1. Janion S. M. — *Autonomia osobnicza i walka o byt*. Kosmos, 37 (4): 659-663, 1988.
2. Petruszewicz K. — *Investigation of experimentally induced population growth*. Ekol. Pol. A. 9: 281-309, 1957.
3. Petruszewicz K. — *Population growth induced by disturbance in ecological structure of the population*. Ekol. Pol. A. 3: 87-125, 1963.
4. Janion S. M. — *Informacja behawioralna i dostosowania populacyjne*. Kosmos 36 (1): 145-149, 1987.
5. Janion S. M. — *Changes in interindividual relations as a form of population adaptation to environmental stimuli*. Ekol. Pol. 37, 1-2: 179-184, 1989.
6. Petruszewicz K. — *Osobnik, populacja, gatunek*. PWN Warszawa, 384, 1978.
7. Janiak M. J. — *Układ dokrewny w rozrodzie zwierząt doświadczalnych i użytkowych oraz człowieka*. PZWL Warszawa, 115, 1977.
8. Polak B. — *Ocena antropopresji na populację sarny (*Capreolus capreolus* L.)*. IE PAN, Dziekanów Leśny, 47 (praca doktorska maszynop.) 1977.
9. Bujalska G. — *Czynniki ekologiczne modyfikujące rozrodczość drobnych gryzoni*. Wiad. Ekol. 21: 10-17, 1975.
10. Andrzejewski R. — *Supplementary food and the winter dynamics of bank vole populations*. Acta Theriol. 20: 23-40, 1975.
11. Jezierski W. — *Longevity and mortality rate in a population of wild boar*. Acta Theriol. 22: 337-348, 1977.
12. Janion S. M. — *Flea investation of three rodent species *Apodemus agrarius*, *Apodemus flavicollis* and *Clethrionomys glareolus* at period of *Apodemus agrarius* mass occurrence*. Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II, 10: 361-366, 1962.
13. Łomnicki A. — *Dobór naturalny, ograniczony wzrost i regulacja wielkości populacji*. Kosmos 6: 539-554, 1976.
14. Łomnicki A. — *Strategia ewolucyjnie stabilna*. Kosmos 36 (3): 357-374, 1987.

JAN BARCISZEWSKI

Instytut Chemii Bioorganicznej
Polskiej Akademii Nauk
Poznań

PIĘKNO, SZTUKA I NAUKA

Zestawienie tych słów sugerować może pytania, czy nauka jest piękna i czy też piękno da się określać metodami naukowymi, albo czy nauka jest piękna w sensie rozumienia sztuki lub czy jest sztuką *per se*. Nauka i sztuka jako dwa wielkie obszary działalności człowieka, zajmują się analizą skomplikowanego uporządkowania otaczającej rzeczywistości. Są bardzo podobne ze względu na zbliżony proces twórczy, syntetyczne myślenie, zbieżną motywację do bycia twórczym i działania zgodnie z talentem i możliwościami, estetyczną wrażliwość, chęć oddania pozytywnej kontrybucji dla dobra ludzkości, niepokojami wewnętrznymi i skomplikowanymi oddziaływaniami ze środowiskiem zewnętrznym, poczuciem misji i szczególnych zadań koniecznych do wykonania oraz podobne wysiłki polegające na interpretacji przyrody i świata naturalnego.

„Nauka i sztuka — według Białkowskiego — są pewną postacią reakcji na tajemnicę, są formą odpowiedzi na nią. Postawienie problemu, czasem odczuwane subiektywnie jako jego narzucanie się, tkwiąca w nim zagadka jest w obu wypadkach podstawową motywacją podjęcia twórczego działania. Wydaje się jednak, że nauka i sztuka inaczej obchodzą się z tajemnicą. Nauka raczej zmierza do przemieszczenia granicy, poza którą znajduje się nieznanne. Sztuka natomiast bardziej dąży do wyrażenia tajemnicy, a przez to jakby częściowego jej oswojenia. Różnica ta ma poważny wpływ na zawartość emocjonalną dzieła naukowego w porównaniu z dziełem artystycznym”.

Według Einsteina, najpiękniejszą przygodą, jaką możemy przeżyć, jest tajemnica. Jest ona jądrem prawdziwej sztuki i nauki. Dzieło naukowe pragnie być wyrazem przewycięzania tajemnicy i choć wzięło się z jej przeżycia, stara się od niej i od tego przeżycia uwolnić. Ma ono być w założeniu odwzorowaniem tajemnicy rzeczywistości na ład ludzkiego umysłu, który ma wrodzoną potrzebę porządkowania rzeczy. Olbrzymie możliwości funkcjonowania gatunku ludzkiego należy zawdzięczać zdolności naszego umysłu do poszukiwania i rozpoznania regularności przyrody.

Na wszelkie badania naukowe składają się dwa elementy: teoretyczny i praktyczny. Ten ostatni dotyczy metod stosowanych w doświadczeniach, natomiast aspekt teoretyczny zawarty jest w zbiorze pytań, na które eksperyment powinien dać odpowiedź. Jedną z cech charakterystycznych dla nauki

jest fakt, że metodologia prac doświadczalnych oraz sposób stawiania pytań oraz problemów ulegają szybkim zmianom, obecnie szybszym niż kiedykolwiek w przeszłości. Stanowi to określony dyskomfort dla naukowców i zmusza ich jednocześnie do wytężonej pracy, aby nie pozostać w tyle. Proces ich samokształcenia musi być ciągły. Warto przypomnieć wypowiedź E. H. Starlinga na Kongresie Psychologii w Sztokholmie ponad 40 lat temu, że „badania naukowe są najtrudniejszą i jednocześnie najdelikatniejszą grą”.

W nauce można znaleźć wiele podobieństw do sztuki, chociaż nie zawsze są one łatwo dostrzegalne. Jeśli styl zdefiniowany jest jako kombinacja metod pracy, sposobu oglądania i przedstawiania przedmiotu, wówczas tak rozumiany styl nie zostaje tak szybko zapomniany w sztuce jak w nauce. Uniwersalne prawdy w sztuce mogą pozostać świeże przez długi czas, mimo zmian trendów w malarstwie, rzeźbie, dramaturgii czy prozie.

Gdy uczony planuje lub wykonuje doświadczenie, koncentruje swoją uwagę na szczegółach. Przede wszystkim dlatego, że jest to jego koncepcja lub kompozycja na własny klarnet, którym jest pipeta — jak mówił M. Delbrück. Cała orkiestra zaś obejmuje inne precyzyjne instrumenty. Nie dla wszystkich muzyka tej orkiestry jest słyszalna. Każdy uczony może powiedzieć do siebie, że jego dzieło (naukowe) jest czymś wiecznie trwałym, w przeciwieństwie do konkursowego utworu kompozytorskiego, który nierzadko zapomina się po jego wysłuchaniu. Z drugiej strony wiadomo, że w bibliotekach zalega wiele pozycji, które nigdy nie były (nie będą) na przykład zauważone przez Current Contents Citation Index. Dzieje się tak dlatego, że krąg oddziaływania (publiczność) naukowca jest mały. Dzieło artysty zawsze zachowuje swoją świeżość i pierwotną formę, natomiast dzieło uczonego podlega modyfikacjom, uzupełnieniom, miesza się z pomysłami i osiągnięciami innych, wpływa do strumienia wiedzy i idei tworzących naszą kulturę.

Zatem dla uczonego i artysty wspólna jest ich własna praca, która jest najlepszą ucieczką od świata zewnętrznego i jednocześnie najsilniejszą więzią z nim. Zdolny artysta, w przeciwieństwie do naukowca, nie musi ciągle zmieniać ani swoich narzędzi (choć musi je doskonalić), ani tematów, którymi się zajmuje. Jest zatem zrozumiałe, dlaczego dzieła Horacego, Sofoklesa, Szekspira, wielkich malarzy renesansu, a także muzyka Bacha są tak samo żywe dzisiaj, jak w tamtych czasach. Dla naukowca niebezpieczeństwo ciszy wokół niego jest przerażające. Nauka jest obszarem podobnym do kraju przedstawionego przez L. Carrol w *Alicji w krainie czarów*: wszyscy muszą biec, aby stać w tym samym miejscu, a jeśli ktoś chce pójść gdziekolwiek, musi biec dwa razy szybciej niż pozostali.

Z nauką i sztuką nierozzerwalnie wiąże się piękno. Co to znaczy być pięknym lub co jest piękne? Piękno jest splendorem prawdy — pisał angielski ekonomista Schumacher. Każdy z nas jest świadomym lub nieświadomym jej tropicielem, we własnym życiu, u swoich przyjaciół, w otaczającym świecie. Piękno czystego powietrza, gór pokrytych puszystym, białym śniegiem, błękitnego nieba z rozproszonymi gdzieś tam barankowatymi chmurami oraz spokój i samotność

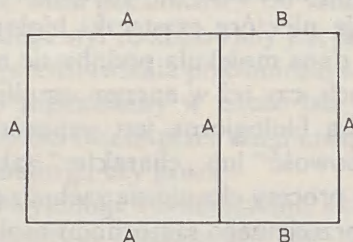
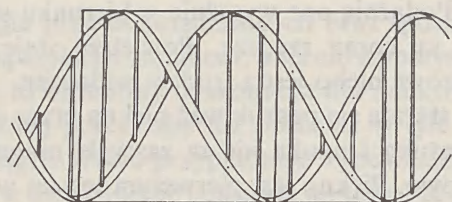
sprzyjają refleksjom. Podążają one wyraźnie w kierunku stwierdzenia, że oazy piękna lub spokoju są coraz rzadsze. Powietrze staje się coraz bardziej zanieczyszczone, lazuruwe niebo jest z trudem widoczne.

Poeci i naukowcy starają się poszukiwać piękna przez dobór odpowiednich środków, ponieważ sztuka i nauka nie są zastyglą magmą, ale są tworzone i doskonalone stopniowo. Piękno jest pierwszym testem w nauce i sztuce. Dla naukowca – przyrodnika wielką przyjemnością jest poszukiwanie prawdy i piękna zarazem w chemii, biochemii czy fizjologii. W laboratoriach badawczych naukowcy określają niektóre cząsteczki biologiczne i chemiczne jako piękne. Co to znaczy, że dana molekula podoba się nam bardzo? Czy piękno jest tylko w naszych oczach, czy też w naszym umyśle?

Wiadomo, że komórka biologiczna jest wspaniale zaprogramowana dla swego rozwoju. Jej „osobowość” lub „charakter” zakodowany jest w genach. Nie wchodząc głęboko w procesy chemiczne zachodzące w komórkach, możemy je przyrównywać do przeciętnego samochodu osobowego. Wszyscy wiedzą co można zrobić z samochodem w wielu sytuacjach, ale nie wszyscy naprawdę rozumieją jak on pracuje. Komórkę biologiczną można sobie wyobrazić jako miniaturowe miasteczko, z dwoma rodzajami mieszkańców. Jeden typ to osobnicy czekający, aby coś wykonać, drugi typ to ludzie bardzo aktywni, dążący do zrobienia czegokolwiek. Łatwo skonstatować, że ci ostatni w komórce oznaczają po prostu enzymy. Dzięki ich działaniu realizowany jest potencjał zawarty w genach. Powodują one ekspresję genów charakterystycznych dla komórki. Taka precyzyjna organizacja żywej komórki stanowi piękno biologii molekularnej. Używamy kolejny raz słowa „piękny”, nie rozumiejąc go jeszcze w pełni. Wydaje się, że tajemnica tego określenia zawiera się w szczególnych właściwościach danego tworzywa.

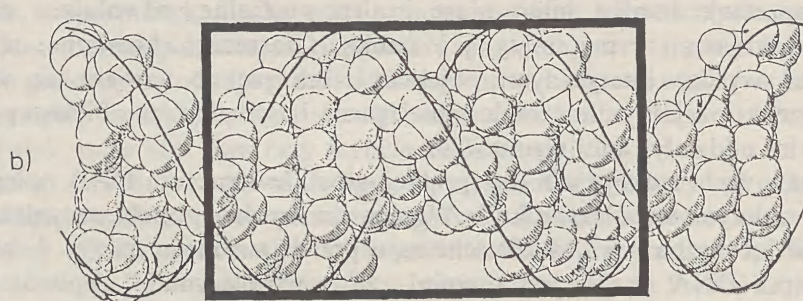
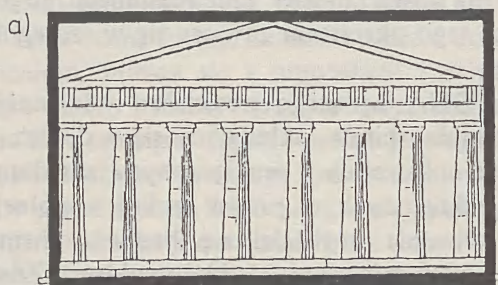
Przyjrzymy się np. budowie DNA będącego nosicielem informacji genetycznej. Model DNA to podwójna spirala, składająca się z dwóch przeciwbieżnych łańcuchów fosforowo-cukrowych z przyłączonymi zasadami heterocyklicznymi (polinukleotyd), skręconych w prawo wokół wspólnej osi. Zarówno w przeszłości, jak i obecnie prowadzi się badania chemiczne i biologiczne mające na celu wytłumaczenie tej niezwyklej struktury. Zdarzają się interpretacje bardzo interesujące i niepowtarzalne, odwołujące się do ludzkich skojarzeń z matematyką i sztuką. Cząsteczki chemiczne, w tym DNA, są wysoce estetycznymi obiektami. Ich piękno zawiera się w ich strukturze, która jest jednocześnie symetryczna i asymetryczna. Piękno polega na wielkim oddziaływaniu wymiarów.

Jedna z wielu istniejących interpretacji głosi, że struktura DNA opiera się na tzw. „złotym współczynniku”. Wyraża on bardzo popularną zależność, podobnie jak liczba $\pi = 3,14$. Ze schematu przedstawionego na rys. 1. widać, że w spirali DNA ukryty jest również „złoty współczynnik” zapisany jako stosunek długości boków dwóch wydzielonych kwadratów opisanych na spirali $A+B/A=A/B$. Można to równanie zapisać jako $\Phi = 1 + 5/2 = 1.618\ 033\ 98$.



Rys. 1

Patrząc na podwójną spiralę, widzimy jej niezwykłą symetrię zaprogramowaną genetycznie. Czy twór ten jest piękny czy nie, trudno od razu powiedzieć. Jeżeli jednak popatrzymy na schemat Panteonu (rys. 2a), to można przypuszczać, że starożytni Grecy rozumieli już istotę i charakter wielkości Φ . Podobną zależ-



Rys. 2

ność można znaleźć w modelu kwasu dezoksyrybonukleinowego. Wspomniany „złoty współczynnik” został obliczony już w roku 1900 przez matematyka M. Barna dla uhonorowania greckiego rzeźbiarza Fabiasza, który w swoich pracach zależność tę stosował. Ową konstrukcyjną proporcję, tzn. współczynnik Φ , widać również w pracach Leonarda da Vinci i innych, a także (może przede wszystkim) w budowie ciała ludzkiego: długość pierwszego palca do drugiego, drugiego do dwóch, ręka do przedramienia, przedramię do dłoni plus do przedramienia itp. DNA, jak już wspomnieliśmy, wydaje się zbudowany według takich samych reguł (rys. 2b).

W budowie ciała ludzkiego widać wielką proporcjonalność, która decyduje o harmonii i pięknie. Czy te zależności lub właściwości można opisać matematycznie!? Takie próby podejmuje się obecnie. M. Cunningham zdefiniował piękno kobiety w następujący sposób: szerokość oczu jest równa 0,3 szerokości twarzy; wielkość podbródka wynosi 0,2 wysokości twarzy; a powierzchnia nosa powinna być mniejsza niż 5% powierzchni twarzy. Taka czy inna formuła matematyczna ogranicza jednak liczbę przypadków koniecznych do przeanalizowania.

Siła nauki polega na tym, że nie ma ona pretensji do przekazania, jednorazowo pełnego obrazu przyrody i dlatego koncentruje się na jej elementach wyodrębnionych i dlatego kontrolowanych. Tutaj pojawia się jeszcze inny problem — czy całość jest sumą elementów.

Zdajemy sobie sprawę, że redukcjonizm tego typu jest brutalny, ale z kolei nie można nie zauważyć dużych zbieżności w zasadach budowy wytworów natury oraz wytworów zaprogramowanych przez człowieka.

Skoro już przywołaliśmy jako przykład kwas dezoksyrybonukleinowy (geny), to warto dodać, że piękno zawarte jest nie tylko w fizycznej strukturze lub symetrii. Jego zawartość i skład mogą być stosunkowo łatwo wyrażone w postaci dźwięków, które następnie mogą złożyć się na symfonię.

Jeżeli dźwięki gamy powiążemy z nukleotydami (składniki DNA) według następującego kodu: cytozyna, C — **do**, guanozyna, G — **re**, adenozyne, A — **fa**, **sol**, tymidyna, T — **la** lub **si**, szybko się okaże, jak pokazał to S. Ohno, że „odgrywając” genom ssaków usłyszymy muzykę bardzo podobną do utworów Bacha. Czytając nutową kompozycję opartą na strukturze genomu pstrąga, usłyszymy Schuberta, a sekwencja zasad genomu myszy da melodię podobną do muzyki Chopina. Inni klasycy muzyki muszą nieco poczekać, aż uda się „rozgrzyźć” więcej genomów.

Z przygotowanych przykładów wynika więc, że DNA, geny i biologia molekularna są niezwykle atrakcyjnymi intelektualnymi ferromonami, nie tylko dla naukowców.

Rozważania te można zakończyć, jak sądzę, dość często powtarzanym stwierdzeniem, że „piękno jest w genach ich właściciela”.

JAN BARCISZEWSKI

Instytut Chemii Bioorganicznej

Polskiej Akademii Nauk

Poznań

O NAUCE I UCZONYCH

Naukę określa się jako sposób poszukiwania systematycznych wyjaśnień, znajdowania systemu zależności oraz uporządkowania w przyrodzie. Proces ten polega na obserwacji i rejestracji faktów, które znajdujemy bezpośrednio w przyrodzie albo tworzymy sztucznie, wykonując eksperymenty, oraz dostarczaniu usystematyzowanych i w odpowiedzialny sposób uzasadnionych wyjaśnień. Każda teoria powinna również przewidywać inne fakty oraz obiektywne zdarzenia. Zbieranie danych może być i w wielu przypadkach jest procesem selekcji w ramach danej teorii. Stała gotowość do krytyki, do kwestionowania każdego poglądu, brak tolerancji wobec złych teorii i fałszywych poglądów, a jednocześnie obrona teorii czy hipotez wartościowych, ważnych i cennych pod względem poznawczym wydają się cechami charakterystycznymi nauki. Argumenty naukowe powstają w wyniku oddziaływania przyrody, technik badawczych i teorii. Nauka posługując się argumentami może dokonywać krytyki i wypowiadać się tylko o tych teoriach czy hipotezach, które są sformułowane w jej języku. Nauka ma swe ograniczenia. Sensownie może się wypowiadać tylko w kwestiach poznawczych, ale nie światopoglądowych czy metafizycznych. Naukowcy posiadają umiejętność twórczego i konstruktywnego wykorzystywania faktów w połączeniu z rozważaniami teoretycznymi. Takie postępowanie stosowane przez wielu chemików oraz biologów, zwykle bardzo skuteczne w przypadku dostępności faktów, steruje i ogranicza wyobraźnię. Jeśli metoda zawodzi i faktów jest niewiele, hipotezy stają się spekulacjami. Największym orężem nauki jest krytycyzm. Nie sposób zrezygnować z krytycznej postawy domagającej się sprawdzania i korekty błędów i stwierdzeń. Analiza każdej koncepcji naukowej musi się odbywać w kontekście odpowiedniej nauki i w związku z tym opinie naukowców mają dla tej analizy większe, jak się wydaje, znaczenie niż stanowiska filozofów nauki. Jediną sprawdzoną metodą naukową jest konstrukcja teorii jakościowej, otrzymanie nowych faktów oraz ostateczne jej potwierdzenie. Chociaż zasadnicze metody postępowania naukowego, jak: formułowanie i testowanie hipotez, kontrolowane obserwacje i eksperymenty, analiza oraz interpretacja wyników, dyskusje oraz konsultacje wyników, mają charakter uniwersalny, ich szczegółowe wykorzystanie w różnych dziedzinach wiedzy oraz wszelkich innych okolicznoś-

ciach może się różnić. Jest rzeczą oczywistą, że pełne respektowanie najwyższych standardów uczciwości intelektualnej w formułowaniu, realizacji i prezentacji badań pozwala nauce i naukowcom godnie wypełnić ich swoisty „kontrakt” ze społeczeństwem. Z drugiej strony społeczeństwo powinno także otaczać naukę w ten sam sposób, jak czyni to w stosunku do innych twórczych aktywności człowieka jak sztuka, muzyka czy literatura. Nauka podobnie do sztuki manifestuje swoje głębokie przywiązanie do kultury i wartości podstawowych oraz postrzega otaczający świat w szerokim kontekście społecznym. W badaniach podstawowych obserwowane są dwa efekty kulturowe, które mogą dawać nauce więcej praktycznych sugestii aniżeli nauka społeczeństwu. Jeden z takich czynników to „kulturalna twarz nauki”, który jak się wydaje przyciąga najlepsze umysły właśnie do naukowej działalności. O ile np. dla naukowców jednym z najważniejszych obecnie problemów jest dostępność tanich źródeł czystej energii czy struktura genomu człowieka, o tyle dla innych, przeważnie młodych ludzi, znacznie bardziej atrakcyjnymi zagadnieniami wydają się zagadki antymaterii czy kreacjonizmu. Drugi efekt kulturowy to utrzymywanie dobrego „ducha” wśród społeczności naukowej.

Nie tylko pracownicy nauki są przekonani o celowości i ważności badań naukowych w procesie zdobywania wiedzy. Nauka (np. nauki biologiczne) zajmuje się tym co mogło być lub może być prawdziwe. Gromadzi ona dowody, które coraz bardziej przybliżają nas do prawdy, aczkolwiek rzadko można być pewnym, że cel ten zostanie osiągnięty. Naukowcy nie mogą powiedzieć całej prawdy oraz nic więcej tylko prawdę, ponieważ z naukowego punktu widzenia nikt dokładnie nie może podać definicji prawdy. Społeczna struktura nauki preferuje wysiłki indywidulanych uczonych, a nie stawiane przeszkody i bariery w nauce. Otrzymywane wyniki muszą być rzetelne, gdyż inni naukowcy, wykorzystując je, zapewne wykryją każdy błąd i pomyłkę. Dlatego bardzo ważnym procesem w nauce jest autokorekta. Zależy ona w dużej mierze od samych naukowców, w różny sposób odnoszących się do określonych badań. Zwykle w nauce przyjmuje się obce ogłoszone wyniki, które zgadzają się z naszymi, bez konieczności ich powtarzania. Nasze własne eksperymenty muszą być precyzyjne, ale niekoniecznie muszą być powtarzane w celu uzyskania tych samych wyników. Muszą być natomiast reproduktywne.

Jak już wspomnieliśmy, nauka ma na celu poszukiwanie tajemnic przyrody niezależnie od konsekwencji, do których to działanie może doprowadzić. Francuski matematyk i fizyk H. Poincare powiedział w związku z tym, że... „naukowcy nie studiują przyrody, ponieważ ma to znaczenie praktyczne. Prowadzą badania, gdyż są przyrodą zachwyceni, a są zachwyceni dlatego, że ona jest piękna. Jeśli przyroda nie byłaby piękna nie warto jej poznawać, a jeśli przyroda nie jest warta poznania, życie nie byłoby warte życia”. Biolodzy molekularni postrzegają piękno w elegancji programu, według którego życie nasze jest realizowane, czyli w genach.

Lektura wypowiedzi uczonych o uznanym autorytecie naukowym wskazuje, że nauka jest nie tylko obiektywnym sposobem zdobywania wiedzy. Jest to podstawowy proces społeczny, kształtowany przez osobiste ambicje, zawodowe kompetencje oraz zdrowe dążenie do poznania prawdy. Wydaje się jednak, że osobiste predyspozycje mają mniejszy wpływ na poszukiwanie prawd naukowych aniżeli ma to miejsce w tzw. „innej kulturze”, czyli literaturze i sztuce. Nauka, która polega na zadawaniu pytań, rozwija się również przez błędy tak długo, jak nie są one trywialne.

Naukowcy są ludźmi o bardzo różnorodnym temperamencie, robiącymi różne rzeczy różnymi metodami. Wśród nich są zbieracze, klasyfikatorzy i przymusowi kompilatorzy; wielu jest poszukiwaczy ze względu na temperament i wielu jest odkrywców; niektórzy są artystami, a inni rzemieślnikami. Są także naukowcy poeci i filozofowie nauki, a nawet mistycy. Ludzie nauki nie są osobami publicznymi, które usprawiedliwiają swoje błędy, opowiadają wciąż o swoich sukcesach jako wyniku szczęścia, przypadku, ciężkiej pracy czy innych czynników. Naukowcy, w wielu przypadkach prywatni ludzie, nieco wyizolowani przez krótkowzroczność społeczeństwa, uprawiają „własny biznes” w laboratoriach pełnych unikatowej aparatury, są niecałkowicie rozumiani przez ich otoczenie. Podobnie jak wszelka aktywność człowieka, nauka korzysta z umiarkowanego konfliktu między pędem do przodu, pasją i twórczością poszczególnych uczonych a dobrą tradycją, właściwym porządkiem i zdyscyplinowaniem naszych instytucji.

Pracownicy nauki (nazywani również uczonymi lub naukowcami) znajdują się obecnie w dość niezwykłej sytuacji. Spotykają się na co dzień ze zmniejszającymi się funduszami przeznaczonymi na naukę, podejrzewani są często o naukowe oszustwa, odpierają protesty obrońców praw zwierząt oraz ruchów społecznych starających się odrzucać istotę naukowego myślenia. Dotychczasowa wiara w postęp i długofalowe poparcie wydaje się słabnąć, wywołując w społeczeństwie sceptycyzm lub nawet opozycję w stosunku do badań naukowych. W społeczeństwie funkcjonuje szereg stereotypów o nauce, jak niezależność, obiektywność oraz jej nieograniczone możliwości. Natomiast o naukowcach sądzi się niekiedy, że są to wspaniali, chłodni, bez emocji, energiczni i rozumni ludzie o wielkiej pasji. Według obecnych standardów wielu naukowców z poprzedniego wieku było „czystymi” amatorami. Pracowali indywidualnie, sami decydowali o swojej pracy i studiowali często więcej niż jedną gałąź sztuki, filozofii czy religii. Powszechnie wiadomo, że na przykład Wolfgang von Goethe był nie tylko wielkim poetą, ale również na początku XIX wieku dokonał istotnych odkryć w badaniach budowy roślin i zwierząt. Sytuacja współczesnych naukowców (przynajmniej tych zajmujących się naukami doświadczalnymi) jest zupełnie inna. Obecnie laboratoria naukowe są w większości bardzo zmechanizowane. Drogie urządzenia są wykorzystywane nie tylko przez naukowców z jednej dyscypliny, ale służą wielu innym badaczom, np. spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego jest wykorzysta-

tywana w fizyce, chemii, biologii molekularnej i medycynie. Typowy kompleks badawczy, np. instytut czy zakład naukowy, składa się z wielu oddzielnych jednostek laboratoryjnych. Dzielą one nie tylko wspólne wyposażenie, ale co ważniejsze dają możliwości uczestnictwa w różnych interdyscyplinarnych seminariach, nieformalnych dyskusjach o pracach naukowych oraz eksperymentach aktualnie prowadzonych w sąsiednich laboratoriach. Rola zespołów badawczych ma podstawowe znaczenie dla kształtowania procesu twórczego, owocnego propagowania programów badawczych oraz wyników. Oddziałują one między sobą poprzez swoich członków, a nie poprzez wspólne, ustalone stanowiska i poglądy. Zespoły mogą obejmować osoby mające radykalnie różne poglądy na wspólnie realizowany program badawczy, a różnice te niekiedy mogą być tak duże jak między rywalizującymi grupami, które stosują określoną taktykę postępowania, jak: selektywne cytowanie literatury, używanie określonej terminologii oraz tworzenie opinii grupy uczonych akceptujących określone poglądy.

Nikt zapewne nie ma wątpliwości, że najbardziej radosnym momentem w życiu naukowca jest nowe odkrycie naukowe. Chęć obserwacji lub zrozumienia zjawiska, którego w przeszłości nikt nie obserwował lub nie rozumiał, jest olbrzymią siłą utrzymującą badacza przy stole laboratoryjnym lub poszukującego rozwiązania problemu teoretycznego. Niektóre odkrycia przychodzą szybko, inne będą materializowały się w ciągu dłuższego okresu. Ten twórczy proces przynosi dużo satysfakcji, ale również wiele frustracji i nieporozumień. Powody mogą być różne, począwszy od kłopotów technicznych do przyczyn obiektywnych, jak niepodatność przyrody na określone pomiary i hipotezy, które okazały się nieprzydatne.

Wyniki badań naukowych stanowią trwałą i pewną kontrybucję do wiedzy. Nauka i technologia należą do tych najważniejszych osiągnięć ludzkości, które nie tylko zmieniają materialne warunki naszego życia, ale również sposób postrzegania otaczającego nas świata. Wiedza naukowa jest wynikiem procesu głęboko związanego z działalnością człowieka, ale także procesu ograniczonego cnotami i ułomnościami ludzkimi. Dla człowieka będącego na zewnątrz nauki, obecność tych ludzkich elementów w badaniach nasuwa zasadnicze pytanie: w jaki sposób ograniczone i niekiedy potencjalnie błędne indywidualne badania poszczególnych naukowców przenoszone są do trwałego skarbcza wiedzy naukowej. Wysoką jakość nauki definiuje się przez pracę (publikację), którą społeczeństwo naukowców wspólnie uważa za ważną. Artykuł naukowy, w dodatku do rezultatów opisywanych badań, jest także próbą przekonania czytelników o prawdziwości interpretacji autorów.

W jaki sposób pewne teorie lub modele są akceptowalne, a inne odrzucane? Należy sądzić, że tylko modele zgodne z posiadanymi dowodami i argumentami mogą ujrzeć światło dzienne. Krytyczne testy umożliwiają rozważanie alternatyw oraz dokonanie wyboru modelu najbliższego prawdzie. Niekiedy w praktyce społeczność uczonych niezbyt precyzyjnie wycenia wszystkie dowody.

Obecnie, częściej niż w przeszłości, wartość określonych propozycji określa się metodami demokratycznymi: więcej popierających lepszy model. W tym procesie głosowanie jest jawne. Zwycięzcy są zapraszani na wykłady, konferencje, a ich prace łatwo przyjmowane do druku w najlepszych czasopismach naukowych, popularnonaukowych, a także dziennikach.

Wiele osób twierdzi, że badania naukowe są rutynowym procesem wiążącym przyrodę z dogłębną analizą. Sądzą oni również, że badania naukowe dają obiektywne i jednoznaczne wyniki. Należy zdać sobie jednak sprawę, że realia są nieco inne. Naukowcy ciągle muszą podejmować trudne decyzje dotyczące metod i technik badawczych, a także sposobów prezentacji wyników swej pracy. Oczywiście pracownicy nauki wiedzą, jakie mają środki do dyspozycji. Ta wiedza nie jest, niestety, całkowicie produktem badań naukowych. Jest ona obciążona indywidualnymi uprzedzeniami osobistymi, życzeniami, a nawet osobowością naukowca oraz jego stylem. Podobnie jak w sztuce oraz literaturze, i w nauce mówi się o stylu, który nie tylko jest zwykłym oglądaniem świata, ale jego badaniem.

Jest jeszcze jedno ważne zjawisko, a mianowicie kariera w nauce. Nauka jako taka pozwala stosunkowo dokładnie przewidywać różne sytuacje, jednakże kariery uczonego jako takiej przewidzieć nie może. Młodzi ludzie przychodzący do obszaru nauki z wielkim entuzjazmem, ale w pewnym stopniu nieśmiali i naiwni, stopniowo zostają uzależnieni od okoliczności, szczęśliwego przypadku i odpowiednich szans. Chociaż nie możemy w nauce przewidzieć własnego sukcesu, ani nawet jaką drogą będziemy się w niej poruszać, możemy być natomiast jednego pewni, że pomimo powtarzanych błędów, w nauce zdarzają się momenty absolutnie porywające i pasjonujące. Dla większości uczonych to właśnie stanowi największą satysfakcję i karierę w nauce.

Powszechnie wymienia się cztery wymagania dla osiągnięcia pomyślnej kariery w nauce: wiedza, umiejętności techniczne, komunikatywność, oryginalność czyli twórczość. Według znanego biologa Paula Ehrlicha, sukces w nauce zależy także od innych czynników, jak: szczęście, wytrwałość, umiejętność i pieniądze. Naukowców często porównuje się z murarzami czy konstruktorami. Są bardzo zadowoleni dodając własny kamień do gmachu nauki. Uważają się za bardzo szczęśliwych w momencie położenia własnego kamienia węgielnego, zbudowania podstawy kolumny lub osi sklepienia. Niewielu jednak naukowców ma wizję architekta, który widzi cały budynek na długo przed ukończeniem jego budowy. Na czoło tych wszystkich warunków wysuwa się zdecydowanie twórczość. Jest to termin trudny do zdefiniowania, ale można go zrozumieć np. przez analogię z hodowlą roślin, czyli przejścia do owoców z nasion. W obu przypadkach niezwykle ważne są optymalne warunki do kiełkowania, wzrostu i rozwoju i wreszcie transformacji kwiatu do pełnej dojrzałości, a następnie do owocu. Wydaje się, że naukowcy potrzebują również wielkiej wyobraźni, talentu i intuicji, a także samostymulacji. Zamiast wierzyć w charakterystyczny dla nauki ciągły postęp uzyskiwany poprzez stosowanie

różnych metod ilościowych, niektórzy uczeni myślą o dokonaniu przełomu, wykorzystując indywidualną wnikliwość i intuicję. Ta iluzja, kreowana przez niektórych naukowców, podtrzymywana dramatyzmem różnorodnych nagród oraz wszelakich spotkań i konferencji, jest bardzo lubiana przez środki masowego przekazu. Prawdą jest również, że naukowcy o wielkim dorobku, osiągniętym dzięki dużej wyobraźni i ciężkiej pracy, pod koniec swojego życia stają się marzycielami próbującymi zdobyć obszary inne niż te, w których mieli niekwestionowane doświadczenie i umiejętności.

Na twórczość naukową również ważny wpływ wywiera otoczenie. Wpływ określonych warunków może okazać się bardzo pozytywny na jedną grupę naukowców oraz wywierać negatywny wpływ na inną. Jakimi cechami zatem charakteryzują się naukowcy? Generalnie wykazują oni wielką ciekawość (szczególnie w młodszym wieku) oraz stosunkowo mniejsze zainteresowanie życiem towarzyskim. Nauka oraz badania naukowe są główną treścią ich życia i dlatego koleżeńskie powiązania są zasadniczo mniej ważne. Do cech osobowości, które charakteryzują naukowców, można zaliczyć: pewność siebie, apodyktyczność, ciekawość, niezależność, niewrażliwość na bliskie osobiste powiązania i poglądy, praktyczność, samotność, niekonformistyczność, solidność, nieśmiałość, sceptycyzm, tendencje do uprzedzeń, a także do podejmowania ryzyka.

Osoba wybierająca zawód naukowca nie jest oczywiście super człowiekiem obdarzonym prawami i przywilejami zadziwiającymi otoczenie. Uczony jest zobligowany, a nawet ma pilną potrzebę współdziałania z resztą społeczeństwa, ponieważ dysponuje większym zasobem informacji oraz innym i prawdopodobnie lepszym oglądem sytuacji. Twórczość, o której wspominaliśmy, ma zapewne kapitalne znaczenie dla rozwoju przemysłu. Akio Morita, prezes japońskiej firmy SONY, wyróżnia 3 rodzaje twórczego działania: pierwszy dotyczy podstawowej aktywności czyli wynalazków, drugi to twórczość w planowaniu i produkcji oraz trzeci dotyczący handlu.

Z cechami osobowości naukowca niewątpliwie związany jest inny, jeśli nie najważniejszy, etap w procesie badawczym. Jest to wybór tematu badawczego. Każdy pracownik nauki niezależnie od wieku, który chce dokonać ważnego odkrycia, musi rozwiązywać ważne problemy. Muszą one być takie właśnie, aby odpowiedź była ważna dla samej nauki lub dla ludzkości. Istnieje paraboliczna zależność między stopniem trudności problemów badawczych i prawdopodobnymi korzyściami płynącymi z ich rozwiązania. Rozwiązanie łatwego zagadnienia daje niewielkie korzyści naukowe, ponieważ nie powoduje to realnego postępu wiedzy. Z drugiej strony, trudny i złożony problem może nie dać szybko pożądanych rozwiązań. Wiele problemów jest wciąż bardzo trudnych, gdyż niektóre techniki badawcze nie osiągnęły jeszcze odpowiedniego poziomu. Relatywnie największe korzyści w stosunku do nakładów osiąga się rozwiązując problemy o umiarkowanym stopniu skomplikowania. Wybór tematów (projektów) przez pracowników instytutów akademickich zasadniczo jest nieskrępowany i charakteryzuje się poszukiwaniem wiedzy naukowej,

rozwiązywaniem problemów wyrastających z zewnętrznej dynamiki nauki oraz charakteryzuje się ewolucją osiągnięć naukowych w przeciwieństwie do badań przemysłowych, w których przeważają elementy pozanaukowe. Nauka jest wielkim przedsięwzięciem, wymagającym olbrzymich nakładów i środków. Byłoby bardzo niedobrze, gdyby tzw. wielka nauka pozbawiła postęp naukowy ludzkiego oblicza.

Badania aplikacyjne różnią się od podstawowych, tzw. akademickich, w jeszcze jednym ważnym momencie. Badania przemysłowe, najogólniej rzecz biorąc, mają charakter interdyscyplinarny i dlatego umiejętności komunikacji, porozumiewania się są podstawowym warunkiem sukcesu. Oznacza to nie tylko zdolność do klarownego wypowiadania i wyrażania się, ale w szczególności do rozumienia i bycia rozumianym przez innych naukowców i ludzi związanych z danym procesem. Powszechnie uważa się, że dominującą formą naukowej komunikacji są wieloautorskie doniesienia literaturowe. Jest to również główna merytoryczna wizytówka naukowca. Pisanie publikacji naukowej oznacza przygotowanie uporządkowanego oraz możliwego do przyjęcia, zwartego raportu, wyodrębnionego spośród wielu nieuporządkowanych informacji. W ten sposób każdy autor wyznacza granice między nowymi znaczącymi rezultatami i artefaktami. Granice te mogą być przesuwane w miarę dostępu do nowych wyników oraz koncepcji. Wyłaniający się stąd ostateczny pogląd czy hipotezy muszą być wewnętrznie spójne. Niektórzy autorzy, aby osiągnąć ten właśnie cel, starannie oczyszczają własną pracę z trudno interpretowalnych faktów lub nadzwyczaj interesujących faktów eksperymentalnych. Taka praktyka supresji niektórych dowodów, w celu osiągnięcia zgodności z teorią, może doprowadzić do aberacji.

Nauka, jak wspomniano wyżej, jest procesem stawiania problemów i pytań dotyczących określonych zjawisk zachodzących w przyrodzie oraz weryfikacji hipotez powstałych w czasie rozwiązywania analizowanego zagadnienia. Wyniki badań tworzą wiedzę w danej gałęzi nauki. Poza stroną doświadczalną, proces naukowy składa się z części analitycznej, w której poszukuje się matematycznych modeli problemu oraz strony obliczeniowej, w której wykorzystuje się modele do przewidywania wartości późniejszych eksperymentów. Ale nauka to nie tylko suma wiedzy w określonych dyscyplinach i proces jej gromadzenia. Nauka to także grupy ludzi pracujących w danej dyscyplinie wiedzy. Oni właśnie stanowią instytucjonalną pamięć i mechanizm selekcji, decydując co jest nauką, a co nią nie jest. Wiedza naukowa oraz jej ekspertyza żyją właśnie w ludziach nauki. Dochodzimy tutaj do istoty nauki; podstawowa wiedza naukowa, jak się wydaje, jest sumą całkowitej wiedzy oraz technologii „know-how” w danej dyscyplinie. Nie jest to proces statyczny, polegający na odpowiedniej organizacji faktów i doświadczeń, a proces dynamiczny, oznaczający zdolność ludzi do wyciągania wniosków z faktów oraz danych, a także proponowanie nowych hipotez. Podobnie technologia „know-how” nie oznacza tutaj sumy metod i technik, ale stanowi umiejętności, które mogą być

rozwijane przez doświadczenie oraz praktykę. Tylko fakty, dane ilościowe oraz algorytmy nauki wchodzi do publikacji i innych mediów. Ważna część wiedzy oraz „know-how” żyje w ludziach nauki oraz ich rozmowach z innymi. Różnice między dokumentowaną a „żyjącą” częścią wiedzy są w nauce bardzo istotne.

Nie pozbawione sensu wydaje się pytanie: jak wielka jest podstawowa wiedza naukowa? Można próbować wiązać ją z liczbą naukowców, wielkością nakładów oraz liczbą publikacji naukowych. Nakłady oraz ilość prac łatwo obliczyć. Jeśli chodzi o liczbę naukowców, to z pewnym błędem można przyjąć, że ponad połowa naukowców, która żyła kiedykolwiek, żyje obecnie. Przy tak olbrzymim przyroście wiedzy naukowej niezwykle trudno jest kontrolować ten proces: W każdej dziedzinie wiedzy pojawiają się podobne problemy, starsi naukowcy nie są w stanie utrzymywać się na szczycie swej specjalności, a młodzi z kolei uważają, że uczenie się wszystkiego nie jest celowe i dlatego preferują wąskie specjalności. Liczne czasopisma, sprawozdania i maszynopisy oraz konferencje narzucają niemożliwe do spełnienia wymagania czasowe na zapoznanie się z najnowszymi osiągnięciami we własnej dyscyplinie naukowej.

Często spory na temat ważności własnych badań i danych eksperymentalnych doprowadzają do zerwania więzów koleżeńskich. Wydaje się, że zatrzymanie tych procesów w nauce jest prawie niemożliwe. Wielkie spółzawodnictwo i wyścig między uczonymi szukającymi wielkiej sławy powoduje raczej tajemniczość niż otwartość. W związku z tym powstają bardzo wyspecjalizowane grupy żyjące własnym życiem. Kilkaset ludzi o wspólnych zainteresowaniach może bez trudu utworzyć własne czasopismo bez potrzeby kontaktów zewnętrznych. Wynika stąd ewidentny wniosek, że produkcja informacji naukowej znacznie przewyższa możliwości człowieka do jej przyswojenia lub wykorzystania. Dla częściowej analizy tych informacji potrzebne są specjalne technologie mogące analizować tylko formalnie zapisaną informację. Informacje i ekspertyzy zawarte są w ludziach, w głowach uczonych, są ignorowane przez wszelkie systemy obliczeniowe. W związku z tym sytuacja uczonych, a także szerszej części społeczeństwa, jest trudna. Stajemy u progu nowej ery w nauce. Przesyt i nadmiar informacji przepychają nas ponad tym progiem, a technologie informatyczne silnie nas pociągają.

Na koniec jeszcze jedna ważna kwestia. Dotyczy ona korzyści dla społeczeństwa, jakie płyną z uprawiania nauki. Wpływ nauki i cywilizacji na szczęście ludzkości nie może być określony dokładnie, ale nie ma wątpliwości, że jest on duży. Biorąc pod uwagę stan ludzkich emocji, jest trudno powiedzieć czy człowiek wykształcony jest przeciętnie bardziej szczęśliwy. Co w tej kwestii powinni i mogą czynić uczeni? Naukowcy, czerpiąc satysfakcję z własnej pracy, osiągają główną przyczynę swego szczęścia. Naukowcy w oczach społeczeństwa wydają się zadowoleni. Są budowniczymi gmachu wielkiej nauki wznoszonego z różnych elementów. Cegła jednego nie jest lepsza lub większa od cegły innego konstruktora. Naukowcy mogą pomóc społeczeństwu głównie w przyswojeniu owoców swojej pracy, a także mogą dzielić swoją radość wypływającą z komfortu intelektualnego uprawiania nauki.

Nauka oczywiście korzysta z własnych osiągnięć, ale również spłaca swój kredyt społeczeństwu wzbogaceniem kulturalnym oraz wzbogaceniem w surowce mające wpływ na polepszenie warunków naszego życia.

Można z dużym prawdopodobieństwem powiedzieć, że z tych właśnie przyczyn idea nauki jako narodowej nadziei jest logiczna i pożyteczna.

Mierkurij Siergiejewicz Gilarow. Akademia Nauk ZSRR, 1990, Bibliografie uczonych ZSRR.

Jest to tytuł niewielkiej książeczki, wydanej przez Akademię Nauk ZSRR (w 1990 r.), w ramach serii „Bibliografie uczonych ZSRR”. Każdy tomik tej serii zawiera ważniejsze informacje o działalności uczonego: naukowej, naukowo-organizacyjnej, pedagogicznej i społecznej, a także wykaz literatury jemu poświęconej, spis prac, wykaz współpracowników i alfabetyczny spis publikacji. Wydawnictwo prowadzone jest od roku 1940. W dziale biologii ukazało się dotąd 56 tomików, w tym 3 poświęcone członkom zagranicznym PAN (W. A. Engelhardtowi, J. N. Pawłowskiemu, K. J. Skrajabinowi).

Omawiana książeczka podaje krótką biografię M. S. Gilarowa (1912-1985), urodzonego w Kijowie, ale od roku 1945 działającego w Moskwie. Od 1944 r. aż do końca życia pracował na różnych stanowiskach w Instytucie Morfologii Ewolucyjnej i Ekologii Zwierząt im. A. N. Siewiercowa AN ZSRR. Najpierw pracował jako doktorant, później jako starszy pracownik naukowy, zaś od 1956 r. — jako kierownik pracowni zoologii glebowej i entomologii eksperymentalnej. W 1966 r. został wybrany członkiem korespondentem, w 1974 r. członkiem rzeczywistym AN ZSRR. W latach 1976-1985 był sekretarzem naukowym Wydziału Biologii Ogólnej i członkiem Prezydium Akademii Nauk. Pracował również na wyższych uczelniach Moskwy: Jako docent na wydziałach entomologii i geografii gleb moskiewskiego uniwersytetu i jako profesor darwinizmu i zoologii Instytutu Pedagogicznego. Rozwijał szeroką działalność naukowo-organizacyjną, był m.in. w latach 1958-1985 przewodniczącym Komitetu Radzieckich Biologów, od 1973 r. — przewodniczącym Wszechziązkowego Towarzystwa Entomologów, redaktorem (od 1957 r.) „Żurnała Obszczej Biologii AN”, członkiem komitetów redakcyjnych wielu pism biologicznych, m.in. „Zoologičeskogo Żurnała AN”. Aktywnie uczestniczył w pracach wielu organizacji międzynarodowych, m.in. międzynarodowego stowarzyszenia ekologów, międzynarodowego zrzeszenia entomologów. W latach 1960-1968 przewodniczył sekcji zoologii w Międzynarodowej Unii Nauk Biologicznych (IUBS), od 1968 r. należał do komitetu wykonawczego tej organizacji, zaś w latach 1976-1982 był jej wiceprezydentem. Brał udział w konferencjach międzynarodowych i zjazdach.

W osobnym rozdziale książki A. Zacharow i S. Czernow omawiają kierunki naukowej pracy Gilarowa oraz uzyskane przez niego wyniki. Początek jego zainteresowań entomologicznych był związany z badaniami nad szkodnikami korzeni roślin kaucukodajnych. Badania nad szkodnikami roślin oraz innymi owadami żyjącymi w glebie doprowadziły do stworzenia nowej dziedziny wiedzy biologicznej, mianowicie zoologii glebowej. W roku 1949 ukazała się praca Gilarowa pt. „Właściwości gleby jako środowiska życia oraz ich znaczenie w ewolucji owadów”, wyróżniona nagrodą państwową ZSRR. Stała się ona podstawowym dziełem w nowej, rozwijającej się dziedzinie wiedzy biologicznej, zaś M. S. Gilarow zostaje uznany jej twórcą.

Współpracownicy kierowanego przez Gilarowa zakładu naukowego uczestniczyli w prowadzonych badaniach nad problemami zoologii glebowej. Omawiając tę działalność autorzy piszą: „Tak szeroko rozwinięte badania fauny glebowej pozwoliły ujawnić zarówno ogólne geograficzne prawidłowości rozpowszechnienia zwierząt glebowych, jak też specyficzny charakter ich związku z podstawowymi rodzajami gleb. Zapoczątkowało to nowy, owocny kierunek — opracowanie metod i zasad zoologicznej diagnostyki gleb”. Wiele prac z tego zakresu zajmuje poczesne miejsce wśród 500 prac naukowych opublikowanych przez Gilarowa. Najważniejsza z nich to monografia pt. „Zoologiczne metody diagnostyki gleb”, która ukazała się w roku 1965. Gilarow nie ograniczał się zresztą tylko do diagnostyki gleb, lecz także wskazywał możliwości kierunkowego przekształcenia fauny glebowej w celu stymulacji procesów glebotwórczych i zwiększenia urodzajności gleb. Osobne prace poświęcił dżdżownikom i ich roli glebotwórczej.

W wyniku badań fauny glebowej kraju przygotowano klucze do oznaczania bezkręgowców glebowych i opisano 350 nowych gatunków, 40 rodzajów, 5 rodzin i jedną nadrodzinę. Ważnym wynikiem badań larwalnych postaci owadów stało się opracowanie przez Gilarow ogólnej teorii pochodzenia larw owadów. Interesując się problematyką ewolucji świata zwierzęcego, Gilarow w wyniku swych badań nad fauną glebową wysunął koncepcję, według której przejście bezkręgowców wodnych do lądowego trybu życia musiało mieć ogniwo pośrednie — ich adaptację do życia w glebach. Poglądy te sformułowane są w wydanej w 1970 r. monografii pt. „Prawidłowości przystosowania się stawonogów do życia na lądzie”.

Autorzy omawianego rozdziału książki sądzą, że Gilarow „ustalił prawidłowości regulacji filogenezy według zasady dodatniego sprzężenia zwrotnego, realizowanych w korelacjach ewolucyjnych i morfologicznych”, a także wykazał ich kształtujące znaczenie dla ukierunkowania i przyspieszenia rozwoju filogenetycznego, uzasadnił też prawidłowości ukierunkowania procesu ewolucyjnego w wyniku ograniczoności liczby wariantów biologicznie korzystnych dróg zmian filogenetycznych organizmów podczas zmiany środowiska życia. Wiele prac poświęcił Gilarow problematyce ekologicznej, w szczególności sprawom bliższego określenia takich pojęć, jak populacja, biocenoza, agrocenoza. Podczas ostatnich 10 lat swego życia Gilarow interesował się szczególnie sprawami ochrony środowiska. Zwracał uwagę na antropogeniczne czynniki degradacji gleb, także przez niszczenie ich fauny. Interesowały go głęboko sprawy ochrony przyrody oraz racjonalnego wykorzystywania zasobów przyrody. Poświęcił tym sprawom kilka publikacji. Kończąc, trzeba przypomnieć także cechy osobiste tego uczonego, którego piszący te słowa poznał w 1961 r., spotykał na licznych spotkaniach, konferencjach i zjazdach, m.in. na kongresie IUBS w Indiach, a po raz ostatni na walnym zgromadzeniu Akademii Nauk ZSRR w 1982 r. Kontakty z Nim zawsze były przyjemne i owocne. Był to człowiek mądry, przyjazny, a przy tym nadzwyczaj skromny.

Włodzimierz Michajłow

Global 500

Ukazał się pierwszy numer kwartalnika UNEP pt. Global 500 (The Global 500. The Roll of Honour for Environmental Achievement). We wstępie redaktor, Philip Noyce zwraca się z apelem o nadsyłanie materiałów do tego pisma. Akcja „Global 500” została podjęta przez UNEP w 1987 r. Pomyślana ona była jako swoiste „kto jest kto” środowiskowego programu Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNEP), dla wyróżnienia 500 osób i organizacji za ich wybitne zasługi w dziedzinie ochrony i doskonalenia środowiska życia człowieka. Pełna lista ma zostać zamknięta w 1992 roku. Pierwsza lista wyróżnionych i odznaczonych ukazała się w czerwcu 1987 r. w związku z obchodami Międzynarodowego Dnia Ochrony Środowiska, obejmowała 70 pozycji. Wśród indywidualnie odznaczonych znalazł się m.in. dr Marice Strong, który przewodniczył Konferencji Sztokholmskiej ONZ w 1972 r., z Polski — Włodzimierz Michajłow. Od tego czasu ukazały się roczniki 1988, 1989 i 1990. Na ostatniej liście znalazła się m.in. Margaret Thatcher, która okazała wielką aktywność, uczestnicząc m.in. w międzynarodowej konferencji w Londynie poświęconej sprawom „dziury ozonowej”. W sumie w ciągu czterech lat wyróżniono i odznaczono około 400 osób i organizacji. Do nich to skierowany jest apel o współpracę z nowym kwartalnikiem „Global 500”. Ładnie wydany i bogato ilustrowany, niewielki objętościowo na razie kwartalnik (20 stron) zawiera m.in. pisanie prof. Mostafy K. Tolby, dyrektora wykonawczego UNEP od 1976 roku, w którym informuje o zadaniach UNEP w programie „Global 500”, kierując apel o współpracę obecnych i przyszłych wyróżnionych działaczy. W omawianym numerze zamieszczono artykuły, a także informacje, list do Margaret Thatcher oraz jej odpowiedź. Zamieszczono też artykuły poświęcone tematowi „dzieci i środowisko” oraz duże omówienie sytuacji środowiska w Mongolii przez laureata P. Bayarsaihana. Przedstawiono wybór 14 listów nadesłanych do redakcji z różnych stron

świata przez osoby wyróżnione, a także „Dziennik fotograficzny”, artykuł o środowisku w Kenii. W artykule A. B. Cleavera (Wielka Brytania), dotyczącym zagadnień demograficznych, autor twierdzi, że w 2000 r. ludność świata osiągnie liczbę 6 mld, w tym niewiele ponad miliard w krajach rozwiniętych.

Można przypuszczać, że nowe pismo stanie się dodatkowym źródłem informacji o środowisku, a także trybuną wymiany poglądów na problemy bezpieczeństwa ekologicznego świata.

* * *

Z okazji dnia środowiska, który przypada na 5 czerwca, UNEF rozesłał w tym roku broszurę zawierającą wykaz tegorocznych 49 laureatów pochodzących z 29 krajów. Wśród wyróżnionych wymieniono kilka organizacji, a mianowicie „Baum” — niemieckie związki ochrony środowiska funkcjonujące od 1984 r., Conservation Council of New Brunswick (Kanada), „Environment Telephone” (Holandia), Fleurir Maurice Committee” (Mauritius), „Hoogovens Aluminium Huttenwerk GmbH” (Niemcy), „Malayan Nature Society” (Malesia), „Organisatie Voor Duurrame Energie” (Holandia, działająca od 1979 r. organizacja na rzecz stosowania energii odnawialnej), „Starkist Seafood Company” (USA). Jak widać z tego wykazu, wyróżniane są, obok tradycyjnych organizacji ochrony przyrody, także instytucje oraz organizacje podejmujące praktyczne przedsięwzięcia mające na celu ochronę środowiska. Osoby wyróżnione pochodzą z następujących krajów: Australia — 1, Argentyna — 1, Bogota — 1, Brazylia — 2, Burkino-Faso — 1, Chiny — 1, Filipiny — 1, Hiszpania — 1, Holandia — 2, w tym księżę Bernard, Indie — 3, Japonia — 1, Kolumbia — 1, Korea Płd. — 2, Malesia — 1, Mauritius — 1, Meksyk — 2, Mongolia — 1, Niemcy — 2, Nowa Zelandia — 1, Pakistan — 1, Szwecja — 2, Syria — 1, Szwajcaria — 2, Zjednoczone Królestwo — 2, Tajlandia — 1, USA — 5, Wenezuela — 1, Zimbabwe — 2, ZSRR — 1. Warto zauważyć, że rośnie liczba laureatów z krajów rozwijających się, nie ma natomiast ani jednego przedstawiciela z byłych krajów socjalistycznych.

Do wykazu laureatów roku 1991 została dołączona te czka zawierająca informacje o dotychczasowych wynikach programu Global 500. Do tej pory, poczynawszy od roku 1987, przyznano 426 wyróżnień. W 1987 r. — 91 z 43 krajów, w 1988 r. — 94 z 59 krajów, 1989 r. — 114 z 50 krajów, w 1990 — 78 z 39 krajów i w 1991 — 49 z 29 krajów. W latach tych wpłynęło 1800 zgłoszeń z blisko 100 krajów, co chyba świadczy o dużym zainteresowaniu tą akcją UNEP. Nadesłano również do dotychczasowych laureatów — te czkę, która będzie zawierać ich obszerniejsze życiorysy i opis działalności.

Włodzimierz Michajłow

Earth Summit News

Jest to tytuł biuletynu, którego pierwszy numer ukazał się w marcu br., wydawanego przez Komitet Organizacyjny UNCED, czyli konferencji Organizacji Narodów Zjednoczonych — „Środowisko i Rozwój”, która odbędzie się w dn. 1-12 lipca 1992 r. w Rio de Janeiro. Artykuł wstępny Sekretarza Generalnego UNCED — dr. M. Stronga (Kanada) pt. „Czynniki zmian” (Agents of change) informuje o tym, że Biuletyn będzie podawał ważniejsze informacje o przygotowaniach do Konferencji. Autor stwierdza, że przyszła Konferencja będzie się różnić od Konferencji Sztokholmskiej sprzed 20 lat m.in. tym, że będzie zajmować się przede wszystkim sprawami ekorozwoju. Z tego punktu widzenia należy już obecnie rozpatrywać różne dziedziny życia społeczeństw i wyciągać praktyczne wnioski. Elementy troski o stan środowiska naszej planety muszą stać się przedmiotem dialogów i toczących się dyskusji o sprawach postępu oraz rozwoju gospodarczego i cywilizacyjnego. Konieczne jest ustalenie planu działania w sprawach środowiska na pozostałe lata bieżącego stulecia i nakreślenie ogólnego planu działania na przyszłe stulecie (Agenda 21). Jest rzeczą ważną, by Earth Summit News i Agenda 21 stały się czynnikami głębokich,

pozytywnych przemian. Nitin Densai (Indie), zastępca Sekretarza Generalnego UNCED, pisze w Biuletynie o organizowaniu drugiej konferencji przygotowawczej UNCED. W pracach tych główny nacisk kładzie się na ustalenie powiązań pomiędzy sprawami finansowymi, transferem właściwych technologii i rozwiązaniami instytucjonalnymi. Nawiązanie wielostronnej współpracy następuje w toku przygotowań do UNCED: pomiędzy różnymi agendami ONZ i innymi organizacjami naukowymi i ekspertami, a także zainteresowanymi międzynarodowymi organizacjami pozarządowymi.

Dwie wielkie grupy robocze przygotowują materiały na Konferencję. Pierwsza obejmuje sprawy: atmosfery, różnorodności biologicznej, łądów i rolnictwa, biotechnologii i leśnictwa; druga – problemy oceanów, toksycznych chemikaliów i nieprzewidzianych katastrof. Osobna grupa zajmuje się edukacją środowiskową. W niektórych organizacjach międzynarodowych powstały specjalne grupy robocze przygotowujące materiały do UNCED. I tak, w WHO pracuje grupa zajmująca się zdrowiem i środowiskiem (w tym także tzw. chorobami środowiskowymi). Osobna grupa pracuje w FAO. ICSU – Międzynarodowa Rada Unii Naukowych – organizuje w listopadzie 1991 r. wielką naradę na temat udziału nauk w UNCED i oczekiwanej od nich pomocy w rozwiązywaniu problemów środowiska. Przygotowuje się sesję w Nairbi, która zajmować się będzie m.in. sprawami łądzy, środowiska, standardów konsumpcji, nacisku demografii na środowisko. Poruszone będą niektóre problemy międzynarodowej ekonomii, politycznych instrumentów działania instytucji oraz rozwoju gospodarczego zgodnego z problemami środowiska. Ekspertyzy dotyczące rozwoju gospodarczego będą opracowane m.in. przez IIASA (Instytut Stosowanych Analiz Systemowych) w Wiedniu na specjalne zamówienia UNCED. Do końca r. 1991 mają wpłynąć raporty poszczególnych krajów na temat ekorozwoju oraz ogólnych koncepcji i uwarunkowań lokalnych. Będą one rozpatrywane także przez regionalne ośrodki i komisje ONZ.

Biuletyn zawiera także wykaz ważniejszych konferencji i narad międzynarodowych, które dostarczą wiele materiałów dla przyszłej konferencji. Spośród 21 do końca maja 1991 r. odbyło się 12. Oprócz wymienionych przez N. Densaia dwóch konferencji przygotowawczych należy zwrócić uwagę jeszcze na trzecią konferencję UNED w Genewie (we wrześniu 1991 r.) oraz czwartą – w Nowym Jorku (w lutym-marcu 1992 r.).

Biuletyn uzupełnia informator „Who is who in UNCED”. Wykaz ten zawiera 32 nazwiska członków Komitetu Organizacyjnego. Z krajów Europy Wschodniej wymieniono Andrieja Wawilowa – kierownika departamentu środowiska w MSZ ZSRR oraz Janosza Pastora – kierownika departamentu środowiska, specjalistę w zakresie elektronicznego systemu informacji UNCED, atmosfery, energii i transportu – Węgry. W dalszej części Biuletyn zawiera również inne materiały i opracowania dotyczące m.in. klimatu oraz leśnictwa i niebezpieczeństw związanych z niszczeniem lasów, zwłaszcza tropikalnych. Drugi numer ukazał się w czerwcu. Następne numery „Earth Summit News” ukażą się we wrześniu i grudniu 1991 r.

Włodzimierz Michajłow

Jost Herbig, Rainer Hohlfeld (Hg.), *Die zweite Schöpfung. Geist und Ungeist in der Biologie des 20. Jahrhunderts*, München-Wien 1990, Carl Hanser Verlag, ss. 528, ISBN 3-446-15293-8.

Współcześnie biologia należy do najszybciej rozwijających się nauk. Wiek XX określany jest często jako „wiek biologii”. Narasta jednak rozdział pomiędzy gwałtownym rozwojem wiedzy biologicznej zarówno teoretycznej, jak i stosowanej, a znajomością tej wiedzy przez naukowców i szerokie grono publiczności. Wiedza biologiczna ma coraz bardziej charakter użytkowy, a biologiczne wysoko zaawansowane technologie przenikają do życia codziennego. Do tej pory brak jest krytycznych i poglądowych książek o obecnym rozwoju biologii. Omawiana tutaj książka wydana przez Josta Herbiga i Reinera Hohlfelda „Drugie stworzenie. O blaskach i cieniach biologii” próbuje pokazać podstawy i granice wiedzy o przyrodzie żywej i człowieku. W tym

celu J. Herbig i R. Hohlfeld zebrali i skomentowali podstawowe teksty czołowych biologów, etologów, genetyków i antropologów. Zwrócili oni uwagę nie tylko na ogromne osiągnięcia nowoczesnej biologii, ale także na pojawiające się ryzyka, problemy etyczne, kontrowersje metodologiczne i naukowe. Zakres książki jest niewątpliwie bardzo szeroki, sięga bowiem, od problemów ewolucyjnego pochodzenia i uwarunkowania ludzkiej natury aż do wysoce zaawansowanej technologii — inżynierii genetycznej. Biologia, jako badanie procesów życia i żywych organizmów w XX stuleciu, staje się obecnie główną nauką wpływającą na los człowieka i decydującą dla naszego samorozumienia. Współczesna biologia koncentruje swoją uwagę na molekularnej maszynierii życia i wrodzonych programach poznania, uczuć i zachowania. Nie można jednak sprowadzać społecznej rzeczywistości do ewolucyjnie rozwiniętych, wrodzonych programów u poszczególnych ludzi — zapominać kulturowych komponent ludzkiego poznania i zachowania. W swoich komentarzach J. Herbig i H. Hohlfeld przywiązują dużą wagę do krytycznej analizy określonych tendencji w obrębie biologii, wskazując na pojawiające się uproszczenia biologicznego redukcjonizmu.

Narodziny naukowej biologii dokonały się w okresie od roku 1828 do 1865 i wiążą się z nazwiskami Karla Ernsa von Baera, Schwanna i Schleidena, Liebiga, Claude Bernarda, Vichowa, Darwina i Mendla. W stosunku do żywych organizmów zastosowano wtedy fizyczne i chemiczne metody, które zostały opracowane w badaniach nad nieożywioną materią. Początkowo wydawało się, że istoty żywe funkcjonują jako kompleksowe biologiczne maszyny. Okazało się jednak, że procesy życia mają dodatkowe właściwości, których nie mają obiekty nieożywione. Organizmy żywe różnią się od tych ostatnich szczególną organizacją materii i swoją historią rozwoju filogenezy. Z poznawczego punktu widzenia badania biologiczne można podzielić na biologię ewolucyjną i biologię funkcjonalną. Biologia ewolucyjna bada głównie ewolucyjne pochodzenie i ewolucyjne znaczenie określonych cech biologicznych. Natomiast biologia funkcjonalna bada funkcje biologiczne określonych cech u istot żywych.

Wymieniony tutaj punkt widzenia przyjmują także redaktorzy omawianej książki, która składa się z dwóch części: „Poznanie i zachowanie jako dziedzictwo ewolucyjne” i „Organizm jako maszyna chemiczna”. Podstawowym problemem pierwszej części jest zagadnienie: W jakim stopniu modele biologiczne wyjaśniają ludzkie myślenie i zachowanie. Z zagadnieniem tym wiąże się bardziej ogólny problem wolności i zdeterminowania społecznego zachowania człowieka. Natomiast tematem drugiej części książki jest wpływ rozwoju biologii funkcjonalnej na stosunek człowieka do przyrody, a także przyszła medycyna jako zastosowanie nowoczesnej wiedzy biologicznej. Obie części książki wiąże problem możliwości i granic poznania biologicznego.

Teoria ewolucji K. Darwina zmieniła w zasadniczy sposób dotychczasową wiedzę biologiczną, a także miejsce człowieka w obrębie przyrody. Jednocześnie znaczny był wpływ K. Darwina na filozofię, m.in. metodologię biologii, problem przyczynowości i determinizmu, myślenie populacyjne, problem „celowości” systemów biologicznych. Idee K. Darwina były wykorzystane także do stworzenia ideologii darwinizmu społecznego. Pewne idee biologii przyjęto w doktrynie narodowego socjalizmu, co prowadziło do późniejszego wykorzystania naukowców biologów do zbrodniczych celów Trzeciej Rzeszy.

We współczesnych dyskusjach etologicznych i socjobiologicznych pojawia się często problem: Czy przyroda może służyć jako wzorzec ludzkiej moralności? Czy można tam szukać usprawiedliwienia dla określonych ludzkich działań? Znany niemiecki antropolog Ch. Vogel odrzuca możliwość usprawiedliwienia istniejących stosunków społeczno-ekonomicznych i politycznych przez kategorie i poznanie biologiczne. D. Campbell określił przekonania K. Lorenza i J. Eibla-Eibesfeldta jako „normatywny biologizm”, gdyż uznają oni „to co jest naturalne w ujęciu biologicznym jako moralnie dobre”. Nie oznacza to jednak odrzucenia badań biologicznych, które ujawniły rolę wrodzonych programów zachowania u zwierząt i ludzi. Przy tym wrodzone sposoby zachowania są co najwyżej określonymi skłonnościami, a nie jakimiś sztywno wyznaczonymi sposobami zachowania. Biologia zachowania jest więc konieczną, chociaż nie wystarczającą podstawą zachowania społecznego człowieka. Wrodzone sposoby zachowania tworzą jedynie możliwości rozwoju określonych sposobów zachowań. W omawianym opracowaniu zwraca na to

uwagę S. J. Gould w swoim artykule „Biologiczna potencjalność versus biologiczny determinizm”. U człowieka w zachowaniu społecznym wrodzone sposoby zachowania przekształcone są przez kulturowe normy i tradycje. W przypadku człowieka trudno jest mówić o genetycznym determinizmie, gdyż działania ludzkie koordynowane są przez mózg.

Istotny jest też problem źródeł ludzkiej moralności. W ujęciu Ch. Vogela nie można oczekiwać etycznych norm w biologicznej naturze człowieka lub na podstawie badań biologicznych. Inny uczony niemiecki — W. Wickler uważa, że ludzki porządek moralny powinien uwzględniać naturalne skłonności w zachowaniu człowieka. Czołowy socjobiolog E. O. Wilson uważa, że ludzki system wartości i zachowanie zdeterminowane są przez powstałe ewolucyjnie wrodzone programy zachowania. W niektórych kręgach biologów pojawia się biologiczny fatalizm twierdzący, że nasze zachowanie i zdolności poznawcze wynikają z ewolucyjnego przystosowania do małych grup. Taki punkt widzenia prowadzi do rezygnacji z badań społecznych i politycznych, sprowadzając całość zachowań do „natury ludzkiej”.

Dużym zainteresowaniem cieszy się ostatnio ewolucyjna teoria poznania. Twierdzi ona, że człowiek jest „produktem ewolucji”, a więc jego struktury myślenia powstały w toku ewolucji. Nasze subiektywne struktury poznania przystosowały się — w myśl tej koncepcji — do realnego świata, gdyż wykształciły się w przebiegu ewolucji jako skutek tego przystosowania. W ujęciu ewolucyjnej teorii poznania przystosowanie dotyczy tzw. „średniego wymiaru”, tzw. „mesokosmosu” potrzebnego do przeżycia hominidów w plejstocenie. Według H. Mohra wykształcone warunki poznania człowieka odpowiedzialne są m.in. za antyeekologiczną gospodarkę na naszej planecie. Koncepcja ewolucyjnej teorii poznania krytykowana jest przez idealistycznie zorientowanych filozofów, którzy odrzucają jej przyrodniczy charakter, wskazując na jej założenia filozoficzne. Przykładowo, każde wyjaśnienie przyrodnicze wychodzić musi — według R. Löwa — od ludzkich cech psychicznych, które są już z góry dane (s. 242). Wielu antropologów podkreśla też, że stosunki społeczeństwo—środowisko regulowane są przez złożony system wartości. Występuje to już w społeczeństwach łowiecko-zbierackich, gdzie przyjęte wartości regulują całość relacji do środowiska przyrodniczego. Kontrola przyrostu ludności, działań w środowisku i opamiętanie agresywności umożliwia utrzymanie równowagi w ekosystemie.

Druga część książki, pod redakcją J. Herbiga i R. Hohlfelda, zajmuje się biologią funkcjonalną. Metody i pojęcia używane w badaniach biologicznych maszynierii organizmów pochodzą z fizyki i chemii. Przyjęto wtedy, że organizmy funkcjonują jak maszyny fizykalno-chemiczne, odrzucając proponowane przez witalistów „siły życiowe” o charakterze niematerialnym. Dopiero jednak pomiędzy 1935 a 1963 rokiem udało się wyjaśnić molekularne mechanizmy dziedziczenia. Współcześnie najbardziej charakterystyczny jest rozwój biochemii i badań molekularnych podstaw budowy komórki, a także procesów sterowania w komórce. Dochodzą do tego dziedziczenie i rozwój zapłodnionej komórki aż do dojrzałego organizmu. Obecnie organizmy określa się — za Bertalanfym — jako „otwarte systemy” znajdujące się w „płynnej równowadze” (s. 307).

Badania molekularne zajmują się także badaniami komórek nerwowych. Pojawiają się tutaj także tradycyjne problemy filozoficzne, jak: stosunek ducha do materii, wolna wola, granice badań nad funkcjonowaniem mózgu. Inny problem badań molekularnych wiąże się ze statusem zmienionych genetycznie mikroorganizmów. To ostatnie stanowi ogniwo łączące świat żywej przyrody i techniki stworzonej przez człowieka (poprzednio dwa całkowicie odmienne światy). Przekształcone genetycznie organizmy mogą wywoływać negatywne skutki w środowisku przyrodniczym, a nawet mogą być niebezpieczne dla samych eksperymentatorów.

W ostatnich latach szybko rozwija się biologia molekularna człowieka. W zakresie tych badań najważniejsze znaczenie mają: hormonalne sterowanie przemianą materii, przenoszenie sygnałów nerwowych, procesy biochemiczne związane z odczuciami i zachowaniem, reakcje immunologiczne, problem różnicowania się komórek w rozwoju organizmu. Coraz większe znaczenie ma także tzw. medycyna biologiczna, która specjalizuje się w badaniu nieprawidłowego funkcjonowania procesów molekularnych jako przyczynie chorób. Stanowisko takie jest często krytykowane, gdyż wyjaśnienia molekularne nie są w stanie ująć wszystkich przyczyn chorób. Konieczny staje się

rozszerzony paradygmat badań nad człowiekiem i chorobą, obejmujący procesy somatyczne, indywidualnie postrzeganą rzeczywistość i społeczne otoczenie jednostki. Współczesna medycyna jest jednak jeszcze bardzo oddalona od tego ideału.

Na zakończenie książki J. Herbig i R. Hohlfeld podkreślają konieczność ostrożnego uogólniania wiedzy biologicznej i niedopuszczalność jej wykorzystywania do uzasadniania norm etycznych lub działań politycznych. Przy opisywaniu rzeczywistości przyrodniczej decydujące znaczenie mają przyjęte teorie naukowe, które wyznaczają podejmowaną problematykę badawczą i przyjęte metody.

Książka „Drugie stworzenie. O blaskach i cieniach biologii” ma dużą wartość dla biologów, naukowców i filozofów, gdyż przedstawia najważniejsze osiągnięcia i znaczenie wiedzy biologicznej we współczesnych warunkach społecznych i gospodarczych. Wskazuje ona też na istniejące ograniczenia dotychczasowej biologii. Stanowi też ważną i ciekawą lekturę dla wszystkich tych czytelników, którzy pragną poznać najnowsze osiągnięcia biologii ewolucyjnej i biologii funkcjonalnej.

Eugeniusz Kośmicki

Josef H. Reichholf, *Das Rätsel der Menschwerdung. Die Entstehung des Menschen im Wechselspiel mit der Natur*, Stuttgart 1990, Deutsche Verlags — Anstalt, ss. 280, ISBN 3-421-02756-0.

Geneza ludzkości była przedmiotem wielu dociekań od najdawniejszych czasów. Dopiero jednak powstanie teorii ewolucji umożliwiło naukową dyskusję w tej istotnej kwestii. Współcześnie nie ma już — w poważnych kołach naukowych — wątpliwości odnośnie do ewolucyjnej genezy człowieka. Pozostaje jednak nadal wiele otwartych pytań o mechanizmy biologiczne (zwłaszcza ewolucyjne i ekologiczne), które doprowadziły do pojawienia się człowieka. Przyjęte tak często podkreślane swoistości i wyjątkowości człowieczeństwa utrudnia raczej niż pomaga w rozwiązaniu zagadki powstania człowieka.

Chociaż ostatnio pojawia się wiele książek poświęconych procesom antropogenezy i hominizacji, to jednak książka Josefa H. Reichholf’a „Zagadka genezy człowieka. Powstanie człowieka we wzajemnych oddziaływaniach z przyrodą” zasługuje na szczególną uwagę biologów i szerokiego kręgu zainteresowanych czytelników. Książka ta charakteryzuje się interdyscyplinarnym charakterem przy badaniu antropogenezy. Autor uwzględnia tu szeroko wiedzę z zakresu biologii ewolucyjnej, ekologii i patopaleontologii, dochodząc do niekiedy zaskakujących twierdzeń i konkluzji. Aby wyjaśnić zagadkę powstania człowieka, należy pamiętać o podstawowych twierdzeniach teorii ewolucji i prawidłowościach ekologicznych. W ujęciu autora „Organizm i środowisko wzajemnie ze sobą współdziałają. Środowisko kształtuje organizm według potencjalnych jego możliwości. [...] Ze współdziałania istniejących możliwości i nowych wymogów środowiska wynika postęp ewolucyjny. Ewolucja odbywa się przy uwzględnieniu obu tych komponentów” (s. 32-33). Stąd też J. H. Reichholf przywiązuje ogromną wagę do badania warunków ekologicznych przy wyjaśnieniu przyczyn i warunków powstania człowieka. Dochodzi w końcu do konkluzji — na podstawie bogatego materiału empirycznego, że: „Historię człowieka odzwierciedla w znacznie większym zakresie sprzeczność z przyrodą niż uczą tego książki historii, pełne bitew i wojen, władców i rewolucji” (s. 256). Zasady ewolucyjne, które doprowadziły do powstania człowieka, nie są wcale tak swoiste, jak się je niekiedy głosi. Co więcej, w innych liniach ewolucyjnych można odnaleźć podobne procesy.

Książka J. H. Reichholf’a składa się z przedmowy i dwudziestu sześciu rozdziałów. W przedmowie autor wyjaśnia krótko główne założenia i tezy przyjęte w pracy. Stawia on tu podstawowe pytania, na które próbuje odpowiedzieć w poszczególnych rozdziałach książki. Autor odrzuca traktowanie antropogenezy jako nagromadzenia przypadków, gdyż jego zdaniem, wynikała ona

z istniejących „nacisków ewolucyjnych” i warunków ekologicznych. Człowiek narodził się w Afryce, a jego „ojczyzna” znajduje się na wyżynach sawanny we Wschodniej Afryce, tam gdzie kontynent afrykański przecina potężny rów tektoniczny. Historia człowieka wiąże się też ściśle z historią ewolucyjną pozostałych organizmów żywych w tym regionie.

Książkę J. H. Reichholfa można podzielić na trzy wyraźne części. Pierwsza z nich obejmuje trzy rozdziały i ma charakter wprowadzający do problemów antropogenezy. Następnymi osiem rozdziałów zajmuje się warunkami przyrodniczymi, które umożliwiły powstanie człowieka. Pozostałe rozdziały (od dwunastego do dwudziestego szóstego) przedstawiają specyficzne właściwości człowieka i ich genezę. Autor uwzględnia historię gatunku ludzkiego aż do powstania uprawy roli i hodowli zwierząt.

Współcześnie potwierdzono, badając elementy komórek — mitochondria, że człowiek jest pochodzenia afrykańskiego. Odkrycie to jest potwierdzone także danymi wykopaliskowymi. Geneza gatunku ludzkiego była ściśle związana z rozwojem naziemnych małp czelkokszałtnych. Przy czym współczesne małpy czelkokszałtne nie są przodkami człowieka, gdyż ich przodkowie wyodrębniłi się już co najmniej pięć milionów lat temu. Jeszcze dzisiaj pokrewieństwo genetyczne człowieka i gatunków szympanów jest zdumiewające (sięga bowiem 98% cech genetycznych). W antropogenezie występowało szereg form ludzkich: australopiteki, *Homo habilis*, *Homo erectus*, neandertalczyk i formy współczesne (*H. sapiens sapiens*). Australopiteki charakteryzowały się wyprostowaną postawą i dwunożną lokomocją. Żyły one na otwartych przestrzeniach, a ich ciało i behavior „odzwierciedlały” środowisko życia.

Większość naczelnych była mieszkańcami lasów. Australopiteki jednakże zamieszkiwały środowisko sawannowe, chociaż posiadały nadal wiele przystosowań nabytych przez ich przodków w lasach. Uzębienie tych istot wskazuje na mieszane pożywienie roślinno-zwierzęce. Rozwój australopiteków wynikał z kurczenia się lasów tropikalnych i rozszerzania się obszarów stepowych. Te podstawowe zmiany klimatyczne uwarunkowane były przez dryft kontynentów. Powstanie pierwszej formy ludzkiej — *Homo habilis* odbyło się około 1,8-2 mln lat temu.

Przejścia pomiędzy różnymi formami ludzkimi są płynne, granice pomiędzy nimi przyjęte umownie. W czasie ewolucji najważniejsze znaczenie miało potrojenie wagi mózgu w porównaniu z australopitekami. Autor książki przyjmuje, że już *Homo habilis* wykorzystywał narzędzia, które były potrzebne, aby „dotrzeć” do mięsa padłych dużych zwierząt. Gatunek ten zamieszkiwał obszary, gdzie występowały naturalne, drobne kamienie z ostrymi kantami. Etap *Homo habilis* był ważny w genezie człowieka, gdyż odkrycie narzędzi powiększyło możliwość wykorzystania mięsa w pożywieniu. W znalezieniu niedawno padłych zwierząt służyły takie cechy, jak: dalekowzroczność i charakterystyczna zdolność do długotrwałego biegu. Także nagość człowieka chroniła organizm przed przegrzaniem w czasie biegu lub pogoni. Wiązała się z tym konieczność uzupełniania soli, która w Afryce Wschodniej występuje bardzo obficie. Nagość człowieka stanowi więc przystosowanie do pierwotnych warunków życia na afrykańskiej sawannie. Rozwój wielkiego mózgu okupiony został jednak bolesnym porodem i długotrwałą opieką nad dzieckiem.

Do najbardziej charakterystycznych cech człowieczeństwa należy zdolność mówienia. Zdolność ta pojawiła się wraz z powstaniem myślenia — z rozwojem ludzkiego mózgu i odpowiednią budową krtani. J. H. Reichhoff stawia tezę, że zdolność ta pojawiła się bardzo niedawno, a neandertalczyk nie potrafił używać jeszcze języka artykułowanego (uniemożliwiała mu to budowa krtani). Charakterystyczne zachowanie człowieka nie jest wynikiem rozwoju języka, ale skutkiem przystosowań do życia w małych grupach na afrykańskich sawannach. „Odkrycie ognia” stanowiło ważny czynnik w historii gatunku ludzkiego. Dopiero wtedy pojawiła się bowiem realna możliwość wykorzystania przez człowieka sił przyrody i osiągnięcia praktycznej przewagi nad zwierzętami.

Do najbardziej charakterystycznych cech rozwoju gatunku ludzkiego należy też jego rozprzestrzenienie się na całą Ziemi. Jak wiadomo, gatunki australopiteków i *Homo habilis* żyły wyłącznie w Afryce. J. H. Reichhoff wskazuje, że w ciągu antropogenezy występowały aż trzy „eksodusy”, „wyjścia” z Afryki. Stanowi to jeden z najbardziej interesujących aspektów historii gatunku ludzkiego. Pierwsze „wyjście” odbyło się już 800 000 - 900 000 lat temu. Dzięki temu gatunek *Homo*

erectus rozprzestrzenił się na całą Ziemi. Jego szczątki znaleziono m.in. w Północnych Chinach („człowiek pekiński”) i na Jawie. W późniejszym okresie w wyniku zmian klimatycznych gatunek ten wygasł bezpotomnie poza Afryką. Drugie „wyjście” odbyło się około 200 000 lat temu. W Europie i Azji Zachodniej rozwinął się klasyczny neandertalczyk (*Homo sapiens neanderthalensis*), tak charakterystyczny dla epoki lodowej w Europie. Wbrew potocznym poglądom w epoce lodowej możliwe było bujne życie roślinne i zwierzęce. Pogoda charakteryzowała się dużą stabilnością. Na terenie Europy tundra była obficie zaopatrzona w składniki mineralne, była też obfitość wody (pewien rodzaj naturalnej hydrokultury) i korzystne warunki następczniczenia. Stąd też na terenach europejskich żyło bardzo dużo zwierząt, a tundra europejska mogła śmiało konkurować z afrykańską sawanną, jeśli chodzi o bogactwo zwierząt. W tych warunkach neandertalczyk mógł się korzystnie rozwijać. Jego wymarcie należy przede wszystkim wiązać ze zmianami klimatycznymi. W wyniku ustąpienia tundry, zmniejszyła się znacznie liczba zwierząt, a neandertalczyk odżywał się — jak się przypuszcza — prawie wyłącznie pokarmem mięsnym. Nie pozostawił on jednak żadnych następców, a rozprzestrzenienie się współczesnego człowieka nastąpiło dopiero 60 000-70 000 lat temu. Współczesny człowiek ukształtował się również w Afryce.

Przyjmuje się, że pojawienie się człowieka współczesnego doprowadziło do wymarcia dużych zwierząt na wszystkich kontynentach (zwłaszcza w Ameryce Północnej i Południowej, a także w Australii). Jedynie w Afryce nie wymarły większe zwierzęta, gdyż rozwijały się one łącznie z człowiekiem — przystosowując się do obecności człowieka jako pewnego rodzaju „superdrapeznika”.

Do najbardziej fascynujących pytań należy niewątpliwie: Dlaczego formy ludzkie aż trzykrotnie opuszczały swoją „ojczyznę” — Afrykę? Dlaczego człowiek — posługując się metaforą biblijną — aż trzykrotnie uciekał z „raju”? Jest to niewątpliwie jedno z kluczowych pytań dla wyjaśnienia antropogenezy. Na pytanie to znajduje autor książki zdumiewająco prostą odpowiedź — było nią rozpowszechnianie się muchy tse-tse, wywołującej śpiączkę na afrykańskiej sawannie. Mucha ta występuje na obszarach wilgotnej sawanny, a powiększenie jej areалу wiązało się ze zmianami klimatycznymi, zwłaszcza zwiększeniem opadów. Człowiek nie jest odporny na śpiączkę przenoszoną przez muchy tse-tse. Znalazł on jednak „drugi raj” na obszarach Bliskiego Wschodu, gdzie w dolinach rzecznych — wolnych od muchy tse-tse — nastąpił rozwój rolnictwa i hodowli zwierząt. Obszary te stały się „mlekiem i miodem płynące”. Ucieczka przed chorobami i ich epidemiami była jednym z ważniejszych impulsów do migracji. Jeszcze dzisiaj organizm człowieka wykazuje przystosowanie do tropików, a jego przemiana materii podobna jest do ssaków pochodzących z ekosystemów tropikalnych. Ewolucja człowieka odbywała się więc w powiązaniu ze zmieniającymi się warunkami ekologicznymi. Dopiero później człowiek — dzięki rozwojowi kultury — uwolnił się od niektórych bezpośrednich nacisków ekologicznych. Współcześnie potęgą człowieka stał się tak duża, że jest on największym zagrożeniem dla istniejącej przyrody. Wynika to m.in. stąd, że zbyt wielu ludzi nie chce uwzględniać problematyki przyrodniczego pochodzenia człowieka, głosząc poglądy o opanowaniu przyrody przez człowieka.

Książka J. H. Reichholfa pogłębia naszą wiedzę o ekologicznych uwarunkowaniach antropogenezy gatunku ludzkiego. Nawiązuje ona do najnowszych badań i w sposób przekonujący stara się wyjaśnić zagadkę powstania człowieka. Geneza gatunku ludzkiego okazuje się powiązana z warunkami przyrodniczymi Afryki Wschodniej ściślej niż się to na ogół przyjmuje. Książka nie zajmuje się kulturowym i duchowym wymiarem ewolucji człowieka. Autor podkreśla jednak zależność tego wymiaru od biologicznego wyposażenia gatunku ludzkiego. Podsumowując, książka J. H. Reichholfa przedstawia — w sposób interesujący — przyczyny antropogenezy i miejsce człowieka w świecie żywych organizmów. Dzięki tej książce „zagadka człowieczeństwa” staje się bardziej jasna i zrozumiała.

Martin Hanf, Farbatlas der Feldflora. Wildkräuter und Unkräuter, Stuttgart 1990, Eugen Ulmer Verlag, ss. 254, ISBN 3-8001-4074-8.

W Europie Środkowej powszechny jest krajobraz kulturowy wytworzony przez działalność antropogeniczną. Przyjmuje się, że ponad 90% pierwotnego krajobrazu uległo przemianom w wyniku działań człowieka. Największe znaczenie ma tutaj rolnictwo, zwłaszcza uprawa roślin użytkowych. Uprawianym roślinom towarzyszy od dawna roślinność pól, które są roślinnymi konkurentami wobec roślin użytkowych. W ostatnich dziesięcioleciach szybkim zmianom ulega tradycyjny obraz pól, które stają się znacznie mniej kolorowe niż dawniej. Zjawisko to wiąże się z postępującą mechanizacją i chemizacją produkcji rolnej. Charakterystyczne staje się przejście od chłopskiego gospodarstwa rodzinnego do produkcji rolnej powiązanej ściśle z tzw. agrobiznesem. W obecnych warunkach rozwija się zainteresowanie roślinami pól uprawnych, które określano do niedawna ogólną nazwą „chwastów”. Naprzeciw niemu wychodzi książka M. Hanfa „Barwny atlas roślinności pól. Zioła polne i chwasty”. Celem książki jest przedstawienie najważniejszych roślin występujących na polach, które pojawiają się tam samoistnie bez celowych działań człowieka. Ogólnie w książce przedstawiono 270 gatunków. Przy ich omawianiu zwrócono głównie uwagę na charakterystykę botaniczną, pochodzenie i występowanie poszczególnych roślin. Przyjęto tutaj bardziej „ekonomiczny” punkt widzenia rolnika niż botaniczny sposób podejścia. W książce M. Hanfa można wyróżnić następujące rozdziały: „Roślinność pól”, „Lista przedstawianych gatunków roślin”, „Najbardziej rozpowszechnione chwasty”, „Rośliny określonych gleb i stanowisk”, „Nowoczesne rolnictwo a roślinność pól”, „Tabele do oznaczania ziół polnych”.

Rozdział pierwszy ma charakter wprowadzający. Pojęcie „chwasty” wywołuje współcześnie żywioną dyskusję, gdyż w botanicznym sensie nie istnieje żadne „chwasty”. Słowo „chwasty” (niemieckie „Unkraut” albo „Ungras”) określa niepożądane rośliny, które powinny być z pól usunięte (zniszczone). Ostatnio mówi się często o „ziolach polnych” („Ackerwildkräuter”) albo „roślinach towarzyszących roślinom uprawnym” („Kulturpflanzenbegleiter”). Nazewnictwo to jest wyrazem odmiennego znaczenia licznych gatunków dla rolników i ekologów. Spośród 300 gatunków roślin rosnących na polach, „szkodliwych” dla rolnictwa jest jedynie 50-60 gatunków. Są to „chwasty we właściwym tego słowa znaczeniu” (s. 11). Pola uprawne obejmują około 30% powierzchni. Można na nich znaleźć ponad 10% ogólnej flory Niemiec. Na uprawiane dziesięć gatunków roślin przypada 300 gatunków botanicznych. Z tego tylko około 10% jest tak wyspecjalizowanych, że wyrasta jedynie na obszarach pól. Na polach uprawianych ekstensywnie rośnie około 20-50 gatunków roślin. Natomiast na obszarach uprawianych intensywnie, rzadko występuje więcej niż dziesięć gatunków.

Niektóre „zioła polne” przystosowały się doskonale do rytmu roślin uprawnych, tj. siewu, rozwoju i żniw. Mogą one trwale współistnieć jedynie z określonymi roślinami użytkowymi. Do takich roślin należy na przykład kąkol (*Agrostemma githago*). Najważniejszy wpływ na strukturę roślinności pól ma gleba (m.in. rodzaj gleby, jej struktura, wilgotność, składniki mineralne, czy wartość pH) i klimat. Obok tych czynników duży wpływ wywiera także stosowana agrotechnika: czas siewu, uprawa gleby, nawożenie, sposoby zwalczania chwastów, sposoby zbioru plonów.

Dzisiejsza flora pól charakteryzuje się różnorodnym pochodzeniem i zawiera bardzo różne elementy: apofity (przedstawiciele pierwotnej vegetacji, na których znajdują się obecnie pola uprawne), archeofity (przywdrowały one wraz z uprawianymi roślinami z ich pierwotnej ojczyzny), czy wreszcie neofity (pojawiły się w ostatnich stuleciach jako skutek rozszerzenia handlu i komunikacji). Wydaje się, że maksimum „ziół polnych” (ich występowania) przypada na okres trójpółkowi. Zmiany w agrotechnice oraz rezygnacja z uprawy skrajnych stanowisk wywołują ciągłe zmniejszanie się liczby gatunków „ziół polnych”. Większość opisywanych gatunków należy do rodziny złożonych (*Compositae*) i krzyżowych (*Cruciferae*), liczących po około 30 gatunków. Więcej niż dziesięć gatunków liczą goździkowate (*Caryophyllaceae*), wargowate (*Labiatae*) i motylkowate (*Leguminosae*).

Ważny jest rozdział omawiający najbardziej pospolite chwasty. Omówiono je z podziałem na rośliny ozimin, kultur jarych, warzyw i ogrodów. Do niedawna chabry, bławatki, maki, rumianki, czy osty stanowiły nieodłączny element upraw zbożowych, zwłaszcza ozimin. Do składników ozimin należą takie znane chwasty, jak: chaber bławatek (*Centaurea cyanus*), różne gatunki maków (*Papaver rhoeas*, *P. dubium*, *P. argemone*, *P. hybridum*), ostrożeń polny (*Cirsium arvense*), kąkol pospolity (*Agrostemma githago*), gatunki biało kwitnących rumianków (*Matricaria chamomilla*, *M. discoidea*, *Tripleurospermum perforatum*, *Anthemis arvensis*, *A. cotula*). Osobną grupę chwastów ozimin stanowią żółto kwitnące złożone: złociień polny (*Chrysanthemum segetum*), nagietek polny (*Calendula arvensis*), kilka gatunków mleczków (*Sonchus*). Szczególnie niebezpieczne są chwasty czepne, do których należą gatunki przytulii (zwłaszcza przytulia czepna), gatunki wyk (z których sześć należy do najbardziej pospolitych), a także powój polny (*Convolvulus arvensis*). W zbożach występują także chwasty zadarniające powierzchnię pól, stosunkowo niewielkie, ale szczególnie niebezpieczne dla młodych roślin zbóż: gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*), gatunki jasnot (*Lamium*), przetaczników (*Veronia*), fiołek polny (*Viola arvensis*) i trójbarwny (*Viola tricolor*). Oddzielne, rosnące wciąż znaczenie mają trawy. Ich znaczenie jako chwastów otatnio wzrasta, gdyż należą one do tej samej rodziny co zboża. M. Hanf wymienia tutaj m.in.: miotłę zbożową (*Apera spica-venti*), wiechlinę zwyczajną (*Poa trivialis*), wyczyniec polny (*Alopecurus myosuroides*), perz właściwy (*Agropyron repens*), różne gatunki stoklos (*Bromus*).

W przeciwieństwie do ozimin, w kulturach jarych występuje znacznie więcej gatunków roślin. Dla zbóż typowe są rzodkiew świrzepa (*Raphanus raphanistrum*) i gorczyca polna (*Sinapsis arvensis*), a także kilka gatunków rdestów (*Polygonum*). Natomiast w burakach i ziemniakach dominują różne gatunki łobod (*Atriplex*) i komos (*Chenopodium*), a w kukurydzy – szarłat (*Amaranthus*) i różne gatunki prosa. Do najbardziej pospolitych chwastów kultur jarych trzeba zaliczyć owies głuchy (*Avena fatua*), a także różne gatunki prosa występujące w kukurydzy (*Echinochloa crus-galli*, *Digitaria sanguinalis*, *Digitaria ischaemum*, gatunki z rodzaju *Segetaria*). Do najczęstszych chwastów należy też rdest powojowaty (*Polygonum convolvulus*).

Na polach, gdzie uprawia się warzywa oraz w ogrodach rosną gatunki chwastów wymagające obfitych składników pokarmowych. Do gatunków rosnących pionowo i silnie rozkrzewiających się zaliczamy: psianki (*Solanum*), żóltlicę (*Galinsoga*), starzec wiosenny (*Senecio vulgaris*), przymiotno kanadyjskie (*Erigeron canadensis*), łączygę posolitą (*Lapsana communis*). Występuje tutaj szereg chwastów krzyżowych tworzących charakterystyczne rozetki. Do tych znanych chwastów należą m.in.: tasznik popolity (*Capsella bursa-pastoris*), tobołki polne (*Thlaspi arvense*), rzeżucha (*Cardamine hirsuta*) i inne. Pospolite są tu również różne gatunki bodziszek (*Geranium*) i ślazów (*Malva*). Ponadto dla upraw warzywnych charakterystyczne są różne gatunki chwastów, które zadarniają ogrody, jak: portulaka (*Portulaca oleracea*), jaskier (*Ranunculus repens*) i wiele innych gatunków (*Cerastium*, *Sagina*).

W następnym rozdziale przedstawiono chwasty pól w podziale na występujące na: ciężkich glebach zasadowych (zwietrzeliwa wapienna, glina), na glebach lekkich, najczęściej kwaśnych piaskach (piaszczyste gleby, piaski z domieszką gliny) i na stanowiskach wilgotnych. Ponadto omówiono w tym rozdziale rośliny występujące na stanowiskach suchych oraz na granicach pól i przydrożach. Dla gleb zasobnych w wapń charakterystycznych jest kilka atrakcyjnych gatunków jaskrowatych i dzwonkowatych. Należy tu koniecznie wymienić gatunki miłków (*Adonis aestivalis* i *A. flammea*), ostróżkę (*Consolida regalis*), a także interesującą roślinę *Legousia speculum-veneris*. Charakterystyczne dla tych gleb są też gatunki baldaszkowatych i motylkowatych. Znacznie bardziej uboga jest flora pól piaszczystych. Wśród roślinności pól, rośliny rosnące na stanowiskach wilgotnych (znoszące też przejściowe zalewanie wodą) są raczej rzadkie. Do bardziej znanych zaliczyć można m.in. gatunki mięt, czyściec błotny (*Stachys palustris*). Charakterystyczną rośliną takich stanowisk jest również skrzyp polny (*Equisetum arvense*). Na granicach pólnych i przydrożach występują gatunki roślin, które są rzadkie na polach. Niektóre rośliny należą do tzw. flory ruderalnej charakterystycznej dla wyspisk na śmieci i różnego rodzaju nieużytków. Dla tej roślinności bardzo szkodliwe są nawet niewielkie dawki nawozów sztucznych i środków ochrony roślin. Niegdyś granice pól i przydroża miały duże znaczenie gospodarcze, gdyż służyły jako miejsce

zbioru paszy, a nawet wypasu. Dla tych obszarów możemy wymienić szereg charakterystycznych roślin, m.in. trawy, krzyżowe, złożone i motylkowate. Przykładowo na wiosnę pojawiają się tutaj takie charakterystyczne gatunki, jak: podbiał pospolity (*Tussilago farfara*), mniszek lekarski (*Taraxum officinale*). Natomiast na żyznych stanowiskach występują osty, łopiany, bylica pospolita.

Ostatni rozdział poświęcony jest oddziaływaniu nowoczesnego rolnictwa na roślinność pól. Współczesne chemiczne zwalczanie chwastów wyeliminowało już wielu masowych przedstawicieli flory pól. Rolnictwo nie mogłoby jednak wydajnie funkcjonować bez ograniczania flory towarzyszącej roślinom uprawnym. Do klasycznych środków zwalczania chwastów należy zapobieganie ich pojawieniu się (stosowanie oczyszczonego materiału siewnego, zastosowanie kompostu i obornika bez nasion chwastów, niedopuszczenie do rozwoju chwastów na granicach pól i nieużytkach), a także środki agrotechniczne (płodozmian, staranna uprawa gleby, mechaniczne usuwanie chwastów). Obecnie stosuje się masowo chemiczne pestycydy, znanych jest już 200 substancji czynnych. Stosowane pestycydy zakłócają różnorodne procesy przemiany materii, prowadząc do śmierci chwastów. Przy tym środki te są w zasadzie nieszkodliwe dla roślin użytkowych. Obecnie jest niewiele środków selektywnych. W ostatnich latach mniej spotyka się znanych chwastów. M. Hanf wymienia tutaj przyczyny: zmiany metod uprawy roli, komasacja gruntów rolnych (usuwanie granic, żywopłotów, stosów kamieni, odwadnianie), zaprzestanie uprawy wielu roślin (np. lnu, gryki), nowe odmiany zbóż (znacznie większa gęstość uprawy) i nowe metody ich zbioru (kombajny), zwiększenie dawek nawożenia, a przede wszystkim chemiczne zwalczanie chwastów za pomocą pestycydów.

Obecnie spośród 300 gatunków ziół polnych 51 uchodzi jako mniej lub bardziej zagrożonych w swoim dalszym występowaniu. Z tego 31 gatunków charakterystycznych jest dla gleb wapiennych, a 10 dla lekkich gleb piaszczystych. Zagrożone wymarciem są przede wszystkim gatunki roślin występujących na stanowiskach skrajnych. Nie są one już nadal uprawiane lub przez obfite nawożenie mineralne zostały w dużym stopniu przekształcone. W ostatnich latach gwałtownie rozmnożyły się niektóre chwasty, przede wszystkim wymienione już trawy. Ponadto ostatnio jako szczególnie uciążliwe wymienia się takie chwasty, jak: przytulia czepna (*Galium aparine*), gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*), różne gatunki przetaczników (*Veronica*), fiołek polny (*Viola arvensis*), jasnoty (*Lamium*). Z wielu powodów konieczne staje się utrzymanie wielu gatunków flory pól. Przemawiają za tym względy etyczne, estetyczne oraz ochrony przyrody. Nie powinno się dążyć do całkowitego wyćpienia tych roślin, które są charakterystycznym elementem flory rodzimej. Większość z nich może się jednak utrzymać tylko na polach. Jest charakterystyczne, że u rolników stosujących ekologiczne metody uprawy utrzymuje się na polach znacznie więcej ziół polnych niż u rolników stosujących zwykłe metody konwencjonalne. Innym sposobem utrzymania ziół polnych staje się nieopryskiwanie brzegów pól. Obecnie istnieją już w Niemczech specjalne premie dla rolników, którzy nie używają herbicydów na brzegach swoich pól.

W ostatnim rozdziale omówiono sposoby oznaczania ziół polnych. Jako podstawę oznaczania przyjęto budowę liścia. Umożliwia to szybkie onaczenie gatunkowe nieznanymi roślinami występującymi na polach.

Książka Martina Hanfa stanowi kompendium wiedzy na temat chwastów i ziół polnych. Przedstawiono tutaj doskonale opisy i fotografie tych roślin. Pewną wadą książki jest niewielkie zainteresowanie się autora rolnictwem ekologicznym i jego metodami zwalczania chwastów. Autor książki jest współpracownikiem wielkiego koncernu chemicznego BASF i dlatego chyba preferuje chemiczne środki ich zwalczania. W języku polskim brak nowoczesnych opracowań przedstawiających florę naszych pól. Dlatego książka M. Hanfa może być cenna dla naszych naukowców i studentów, zwłaszcza botaników i rolników, a także szerokiego grona zainteresowanych czytelników. Na uwagę zasługuje jej nowoczesna szata edytorska.

W. W. Chochłaczow, Driewniejszj zlak. Izd. „Urożaj”, Kijew 1989, ss. 211.

Kukurydza odgrywa obecnie tak wielką rolę w walce człowieka z głodem na świecie, że zasługuje na bliższe i bardziej szczegółowe poznanie. Ułatwi to nam prezentowana książka, która składa się z trzech rozdziałów. W pierwszym znajdujemy wzmiankę o zetknięciu się Europejczyków z tą rośliną podczas wyprawy Krzysztofa Kolumba i odkrycia Ameryki, próbę wyjaśnienia etymologii nazwy oraz opis żmudnych badań nad ustaleniem obszaru jej pierwotnego pochodzenia.

Rozdział drugi poświęcono głównym etapom rozpowszechnienia kukurydzy na globie ziemskim. Dowiadujemy się m.in., że najpierw trafiła ona do Hiszpanii, Portugalii, Francji i na Półwysep Apeniński, a najwcześniej w Europie zaczęli ją uprawiać Baskowie. Już od XVI wieku rozprzestrzenia się stopniowo we wszystkich umiarkowanych i subtropikalnych regionach naszej planety. Po upływie 500 lat, wyznaczających początek jej dotarcia do Starego Świata, powierzchnia zasiewów i zbiór ziarna wzrosły do tego stopnia, że zajmuje obecnie trzecie miejsce po pszenicy i ryżu. Uprawa kukurydzy dotyczy nie tylko nizin, lecz również obszarów górskich. W Karpatach sięga do 700 m, w Azji — 2000 m, a w tropikalnych połaciach Ameryki nawet do 3500 m n.p.m. Jeżeli w USA i częściowo w Europie południowo-zachodniej służy głównie jako pasza, to na Bałkanach oraz w licznych krajach Ameryki Łacińskiej, Azji i Afryki ponad 80% zbiorów przeznaczają się na wyżywienie ludności. Największym producentem kukurydzy są Stany Zjednoczone Ameryki Północnej, a ściśle określając, dorzeczcie Missisipi, Missouri i Ohio w stanach Minnesota, Iowa, Montana, Wisconsin, Illinois, Indiana, Ohio i Nebraska. W tym „pasie kukurydzianym” przeważają czarnoziemy, zaś średnia temperatura okresu wegetacyjnego, trwającego około 200 dni, waha się od 21 do 27°C. Noce są również sprzyjające, bo w ciągu trzech letnich miesięcy ciepota nie spada poniżej 13°C. Natomiast suma opadów kształtuje się na poziomie 200, a w wielu regionach dochodzi do 1000 mm, przy czym największa ilość deszczu przypada na lipiec, czyli w fazie wyrzucania wiech.

W USA kukurydza zajmowała największą powierzchnię uprawy w 1980 roku — 50,5 mln ha, a po wprowadzeniu zasobnej w białko soi, zasiewy uległy znacznemu zmniejszeniu, lecz wydajność poważnie wzrosła. Koncentrat soi z kukurydzą stanowi doskonałą, wysokokaloryczną paszę dla trzody chlewnej i bydła. Warto odnotować, że w roku 1982 farmerzy amerykańscy otrzymali ze sprzedaży kukurydzy 13,4 mld dolarów.

W XVI stuleciu pojawiła się ona w Chinach, Tybecie i Indiach, a w drugiej połowie XVII wieku w Gruzji. Nieco później dotarła do Besarabii, skąd została przewieziona na Ukrainę. Następnie zaczęła zdobywać inne połacie carskiego imperium. W roku 1896 Rosja wyprodukowała 1,25 mln t kukurydzy, zajmując piąte miejsce na świecie po USA, Austro-Węgrach, Rumunii i Włoszech, a w 1988 r. zebrano w ZSRR 16 mln t.

Na stronach trzeciego rozdziału nakreślono botaniczno-rolniczą charakterystykę kukurydzy. Autor zaznacza m.in., że w czasie deszczu rośnie ona 17 razy szybciej aniżeli w słońcu i w dziesięciokrotnie większym tempie nocą. Jeżeli w dzień przeciętny wzrost łodygi nie przekracza 0,25 mm, to po zachodzie Słońca osiąga 2,5 mm, a w dni deszczowe 4,25 mm na godzinę. Suszę znosi lepiej od innych zbóż i w razie konieczności wystarczy jej w zupełności 1 l wody na dobę. Ogólną długość silnie rozwiniętego systemu korzeniowego oszacowano na 12 km. Poza tym znana jest z bardzo aktywnego udziału w oczyszczaniu atmosfery, ponieważ w okresie intensywnego rozwoju rosnąc na jednym hektarze pobiera z powietrza 15 t dwutlenku węgla, podczas gdy rośliny żyjące na analogicznej powierzchni łąki przyswajają 4,5 t, a w lesie zaledwie 3 t.

Nie mniej interesujące są szczegółowe dane dotyczące składu chemicznego nasion i zapotrzebowania pokarmowego kukurydzy. Wyczerpująco omówiono również działalność szkodników oraz sposoby ich chemicznego i biologicznego zwalczania. Stwierdzono, że niezwykle uciążliwe i groźne są chwasty, które mogą obniżyć plony kolb o 30%.

Spośród ponad 3150 szkodliwych owadów występujących w ZSRR, około 400 — to szkodniki kukurydzy. Żerują one na korzeniach, łodydze, liściach, kolbach i nasionach, a ponadto przenoszą zarazki 120 niebezpiecznych chorób.

Sporo miejsca poświęcono zagadnieniu selekcji. Na wstępie podano, że jeszcze w okresie przedkolumbijskim wyhodowano w Ameryce setki mieszkańców kukurydzy o różnej wielkości i barwie kolb. Zalety niektórych budzą często nasze zdumienie i podziw. Dla przykładu można wspomnieć o odmianie „Kusko”, która ma tak duże ziarna, że ich 100 sztuk waży 1 kg. Do dziś nie udało się nikomu „stworzyć” takiego „olbrzyma”, będącego obecnie tylko eksponatem muzealnym.

W ostatnim rozdziale autor podaje sporo przykładów żmudej i długotrwałej pracy hodowców i naukowców, uwiecznionej uzyskaniem wielu wartościowych odmian kukurydzy nie tylko w USA, lecz również w Ameryce Łacińskiej, licznych krajach europejskich i w Związku Radzieckim.

Recenzowana książka stanowi nowość w literaturze przyrodniczej. Jakkolwiek wydrukowano już mnóstwo oryginalnych opracowań poświęconych uprawie kukurydzy, to jednak nie wydano dotychczas tak obszernej popularnej monografii tego amerykańskiego zboża, stanowiącego podstawę egzystencji wielu milionów ludzi na ogromnych obszarach naszej planety. Została zredagowana rzetelnie, jak również fachowo i dlatego jest pozycją wartościową oraz godną poznania. Ładny styl, jasność formułowania myśli i umiejętność przedstawienia trudnych problemów w formie łatwo przyswajalnej sprawiają, że czytelnik może bez większego wysiłku zrozumieć poruszone zagadnienia. Z uwagi na wymienione zalety może zainteresować szerokie rzesze odbiorców, a zwłaszcza uczniów i studentów szkół rolniczych, hodowców i pracowników specjalistycznych instytutów.

W ewentualnej następnej edycji tej pożytecznej książki należałoby koniecznie dołączyć wykaz literatury oraz spis nazw łacińskich cytowanych gatunków roślin i zwierząt. Chodzi tu zwłaszcza o najczęściej spotykane chwasty towarzyszące uprawom kukurydzy, jak również o owady. Według nazw rosyjskich trudno zorientować się, z jakim taksonem mamy do czynienia.

I jeszcze kilka uzupełniających uwag:

Stany Zjednoczone Ameryki Północnej nie dostarczają ponad 50% światowej produkcji kukurydzy, jak to zaznaczono na s. 55, lecz tylko 29,3%.

„Do lat trzydziestych w USA uzyskiwano więcej kukurydzy aniżeli pszenicy” (s. 57). Należy wyjaśnić, że ten stan trwa po dzień dzisiejszy. W roku 1984 Amerykanie zebrali 191 199 tys. ton kukurydzy i 69 953 tys. ton pszenicy, a w roku 1988 odpowiednio — 115 643 tys. ton i 49 316 tys. ton.

Jeżeli autor dość dokładnie przedstawił najważniejsze tereny uprawy kukurydzy w USA oraz historię jej rozpowszechnienia w Rosji, to powinien uwzględnić również Chiny, o których wspominał tylko jednym zdaniem, a przecież ChRL zajmuje w produkcji kukurydzy drugie miejsce na świecie. Jej zbiory wyniosły w 1988 r. 74 120 mln ton, podczas gdy w ZSRR zebrano zaledwie 16 030 mln t.

Mimo tych kilku drobnych krytycznych uwag, warto przeczytać tę książkę.

Roman Karczmarczyk

SPIS TREŚCI

<i>Adam Urbanek</i> — Współczesne niekonwencjonalne teorie ewolucji	123
<i>Halszka Osmólska</i> — Dinozaury w liczbach	145
<i>Karol Sabath</i> — Na bezdrożach kreacjonizmu „naukowego”	153
<i>Napoleon Wolański</i> — Ekologia człowieka — człowiek i jego kultura jako dynamiczna część ekosystemów	165
<i>Grażyna Jasieńska</i> — Synchronizacja cykli reprodukcyjnych u kobiet — aspekty ekologiczne i ewolucyjne	187
<i>Joanna Kołodziejczyk</i> — Zmodyfikowane formy śluzowca <i>Physarum polycephalum</i> jako modele do badań eksperymentalnych	195
<i>Jolanta Zagrodzka</i> — Zachowanie łowcze i agresja u kotów — analiza mechanizmów ośrodkowych	209
<i>Roman Karczmarczyk</i> — Sinice i glony oraz ich znaczenie w przyrodzie i gospodarce człowieka	225

DYSKUSJE

<i>Włodzimierz Michajłow</i> — Ekorozwój — ideologia przyszłości?	237
<i>Elżbieta Promińska</i> — O przyczynach chorób	243
<i>Lesław Badura</i> — Pojęcie ekosystemu w ekologii mikroorganizmów	257
<i>Stefan M. Janion</i> — Nadzieja w ekologicznej doktrynie społecznej?	265
<i>Stefan M. Janion</i> — Samoregulacja	273
<i>Jan Barciszewski</i> — Piękno, sztuka i nauka	279
<i>Jan Barciszewski</i> — O nauce i uczonych	285

RECENZJE

<i>Włodzimierz Michajłow</i> — Mierkurij Sergejewicz Gilarow. Bibliografie uczonych ZSRR	295
<i>Włodzimierz Michajłow</i> — Global 500	296
<i>Włodzimierz Michajłow</i> — Earth Summit News	297
<i>Eugeniusz Kośmicki</i> — Jost Herbig, Rainer Hohlfeld /Hg./: Die zweite Schöpfung. Geist und Ungeist in der Biologie des 20. Jahrhunderts	298
<i>Eugeniusz Kośmicki</i> — Josef H. Reichholf: Das Rätsel der Menschwerdung. Die Entstehung des Menschen im Wechselspiel mit der Natur	301
<i>Eugeniusz Kośmicki</i> — Martin Hanf: Farbatlas der Feldflora. Wildkräuter und Unkräuter	304
<i>Roman Karczmarczyk</i> — W. W. Chochlaczow: Drewniejszy żłak	307

K O S M O S

BANK HANDLOWY S.A. 20 1061-710-13100