

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria A
BIOLOGIA



ROK XXI

WARSZAWA 1972

ZESZYT 2 (115)

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW im. KOPERNIKA
ROK XXI Seria A BIOLOGIA ZESZYT 2 (115)

K O S M O S

DWUMIESIĘCZNIK



WARSZAWA 1972

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

KOMITET REDAKCYJNY

Tadeusz Gorczyński, Kazimierz Petrusewicz, Adam Urbanek

Redaktor: *Włodzimierz Michajłow*

Sekretarz: *Lucyna Kuchcińska*

Adres redakcji: Warszawa, Pałac Kultury i Nauki
(tel. 20-02-11, wewn. 20-74)

Państwowe Wydawnictwo Naukowe — Warszawa, Miodowa 10

Nakład 1024+116 egz. Ark. wyd. 9, ark. druk. 6,75

Papier ilustr. kl. V, 70 g. 70×100

Oddano do składania 11.I.72 r. Podpisano do druku 21.III.72 r.

Druk ukończono w marcu 1972

Zam. 29

A-105

Cena zł 15,—

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa, Śniadeckich 8

ZAPŁODNIENIE U SSAKÓW*

WSTĘP

Do niedawna klasyczny materiał do badań nad procesem zapłodnienia stanowiły bezkręgowce, przede wszystkim jeżowce. Ostatnio obserwuje się gwałtowny rozwój biologii rozrodu ssaków. Zainteresowanie tymi problemami wynika zarówno z pobudek czysto poznawczych, jak i z wielkiego ich znaczenia dla praktyki medycznej i hodowlanej.

Obiektem badań były głównie drobne zwierzęta laboratoryjne: mysz, szczur, królik i chomik; dane dotyczące zwierząt gospodarskich i człowieka są znacznie bardziej fragmentaryczne, jednak i tu obserwuje się stały postęp. Wielka różnorodność zjawisk związanych z rozrodem nakazuje jednak zachowanie daleko idącej ostrożności w uogólnianiu faktów zaobserwowanych u poszczególnych gatunków.

Dzięki zastosowaniu mikroskopii elektronowej, metod cytochemicznych oraz badań *in vitro* zgromadzono już wiele danych pozwalających na opis przebiegu zapłodnienia u ssaków. W niniejszym artykule przedstawione zostaną niektóre osiągnięcia z tego zakresu, pochodzące z ostatnich lat.

WĘDRÓWKA PLEMNIKÓW

Pierwszym warunkiem zapłodnienia jest spotkanie się gamet ze sobą. U organizmów o wewnętrznym zaplemnieniu, do jakich należą ssaki, spotkanie to jest ułatwione przez wprowadzenie spermy do dróg rodnych żeńskich. Ponieważ żywot zarówno jaj, jak plemników jest krótki, ograniczony zwykle do kilku dni lub nawet godzin, pomyślny przebieg rozrodu będzie zapewniony tylko wtedy, gdy gamety spotkają się w określonym czasie. W związku z tym u większości samic ssaków wykształciła się cykliczność procesów rozrodczych, sprawiająca, że samica skłonna jest do kopulacji tylko w stosunkowo krótkim okresie rui, najdogodniejszym dla przebiegu zapłodnienia. Cykl płciowy dochodzi do skutku dzięki precyzyjnej regulacji hormonalnej, w której biorą udział hormony podwzgórza, przysadki i gruczołów płciowych. W skrajnym przypadku, np. u królika, synchronizacja procesów płciowych posunięta jest tak daleko, że owulacja następuje dopiero po odbyciu kopulacji. Z drugiej strony, u naczelnych, a więc i u człowieka, brak okresu rujo-

* Referat wygłoszony dnia 19.X.1971 r. na konferencji naukowej pt. „Oogeneza, zapłodnienie i wczesny rozwój embrionalny ssaków”, zorganizowanej przez Komitet Zoologiczny Wydziału Nauk Biologicznych PAN.

wego umożliwia spotkanie się ze sobą takich gamet, które już weszły w proces starzenia się.

W czasie kopulacji w drogach rodnych samicy zdeponowana zostaje olbrzymia liczba plemników, rzędu wielu milionów. Jednakże tylko jeden z nich wnika do jednej komórki jajowej, reszta zaś ginie po drodze. Czy proces ten jest selektywny? Ostatnio dane na ten temat podsumował Bedford (1970). Przyjmuje się mianowicie istnienie dwu selektywnych barier w drogach rodnych samicy. Są nimi: szyjka maciczna oraz połączenie między macicą a jajowodem.

Pierwsza z tych barier działa tylko u tych zwierząt, u których sperma zostaje wprowadzona do pochwy samicy (np. człowiek, królik, krowa, owca). Środowisko pochwy jest zwykle niekorzystne dla plemników, toteż ich szanse wzrastają, jeżeli szybko potrafią przedostać się do macicy. Następuje to zwykle już w kilka minut po kopulacji. Środowisko szyjki sprzyja długiemu życiu plemników (70 godz. u owcy, 120 godz. u kobiety), prawdopodobnie dzięki obecności aminocukrów i węglowodanów. Ponadto w czasie rui wydzielany w szyjce w dużych ilościach śluz przyjmuje właściwości anizotropowe, co ułatwia jednokierunkową wędrówkę plemników. Prawdopodobnie odbywa się ona zarówno dzięki aktywności własnej plemników, jak i dzięki ruchom samej szyjki. Udział tych dwu czynników jest zresztą różny u poszczególnych gatunków. Stwierdzono także wpływ specyficzności gatunkowej. Jeżeli samicę królika zainseminuje się mieszaniną spermy różnych gatunków, to plemniki królika wędrują do szyjki znacznie szybciej niż plemniki psa, kota czy człowieka, mimo że te ostatnie pozostają żywe w pochwie przez kilka godzin.

W wędrówce plemników w macicy można wyróżnić, zależnie od gatunku, fazę szybką (kilka minut), umożliwiającą głównie skurczami mięśni, oraz fazę powolną (kilka godzin), uzależnioną od własnej aktywności plemników.

Następną barierę stanowi połączenie między macicą a jajowodem. Działa ona także u tych gatunków, u których zaplemnienie jest domaciczne (np. gryznie, świnia, koń, pies). Połączenie to składa się ze skomplikowanego systemu fałdów, których układ nie pozwala jednak na dopatrzenie się w nich związku z kształtem plemnika. Ruchliwość jego nie jest warunkiem koniecznym do przekroczenia tej bariery, stwierdzono jednak, że sperma homologiczna (tego samego gatunku), o dużej ruchliwości, łatwiej pokonuje tę przeszkodę niż obcogatunkowa lub martwa. Na rolę połączenia maciczno-jajowodowego w selekcji plemników wskazują badania nad zapłodnieniem u samców myszy, zawierających gen sterylności w locus T — sperma takich samców nie może pokonać tej bariery (Braden i Gluecksohn-Waelsch, 1958). Również plemniki o nienormalnych główkach nie dostają się do jajowodu (Krzanowska, 1962).

Sposób poruszania się plemników w jajowodzie nie jest jeszcze całkowicie wyjaśniony. Odgrywa tu pewną rolę ruch rzęsek jajowodu. Wprawdzie na ogół jest on odwrotny w stosunku do wędrówki plemników, już jednak w 1931 r. Parker wykazał, iż w pewnych fałdach nabłonka jajowodu ruch ten jest skierowany przeciwnie. Poruszanie się plemników ułatwiają też skurcze jajowodu. Dużą rolę odgrywa odpowiednie środowisko hormonalne. Wędrówka plemników jest najszybsza w okresie rui, znacznie natomiast utrudniona pod kontrolą progester-

ronu. W każdym razie u wielu gatunków stwierdzono obecność plemników w środkowej części jajowodu już w kilkanaście minut po inseminacji.

KAPACYTACJA

W czasie przebywania w drogach rodnych samicy plemniki przechodzą proces dojrzewania, konieczny, aby mogły przedostać się przez osłony jajowe. Zjawisko to, zwane kapacytacją, zostało odkryte niezależnie przez Austina (1952) u szczura i przez Changa (1955) u królika. Konieczność kapacytacji stwierdzono z całą pewnością tylko u niektórych gatunków i nie wiadomo, czy występuje ona u wszystkich ssaków. Także czas kapacytacji jest różny (tabela 1). W żadnym jednak przypadku nie udało się wykazać, aby plemniki były zdolne do zapłodnienia od razu po ejakulacji, tak jak to się dzieje np. u jeźowców.

Nie wydaje się, aby proces kapacytacji wykazywał bezwzględną specyficzność gatunkową. Świadczy o tym udane zapłodnienie krzyżowe między blisko spokrewnionymi gatunkami (owca — koza; królik — zając). Jednakże w badaniach *in vitro* wykazano, że proces ten przebiega szybciej w obecności homologicznego płynu folikularnego niż obcogatunkowego. Zdolność do kapacytacji zależy od stanu hormonalnego układu rozrodczego, a dotyczy to w większym stopniu macicy niż jajowodu. W macicy rujowej królika kapacytacja trwa 10 godzin, u samicy kastrowanej natomiast potrzeba aż 20 godzin dla ukończenia tego procesu; zastrzyki estrogenu przywracają stan normalny, podczas gdy progesteron niweczy całkowicie możliwości kapacytacyjne macicy.

Okazało się, że osocze spermy królika, byka, konia, małpy i człowieka posiada właściwości „dekapacytacyjne”. Substancja czynna nie jest toksyczna i nie wpływa na ruchliwość plemnika. Prawdopodobnie pochodzi ona z pęcherzyków nasiennych (nie występuje u psa, który nie posiada tych narządów) a działa na powierzchnię plemnika. Jednakże istota tego czynnika ani sposób jego działania nie zostały poznane.

Co się dzieje w czasie kapacytacji? Nie udało się dotąd zidentyfikować jednoznacznie żadnych zmian strukturalnych w plemniku, które byłyby z tym związane. Pikó (1969) podaje następujące wyjaśnienie tego procesu. W czasie swej wędrówki, jeszcze w drogach rodnych samca, plemniki łatwo adsorbują materiały pochodzące z najądrza i z gruczołów dodatkowych. Niektóre z tych substancji zostają tak mocno związane z powierzchnią, że nie można ich zmyć przez wielokrotne płukanie w soli fizjologicznej. U królika stwierdzono występowanie na powierzchni plemnika specyficznych antygenów, pochodzących z pęcherzyków nasiennych (Weil, 1960, 1965). Także antygeny krwi A i B są adsorbowane przez plemnik. Te okrywające substancje mają prawdopodobnie znaczenie ochronne: 1) zapobiegają aglutynacji w drogach rodnych samicy; 2) regulują przepuszczalność błony; 3) stabilizują błonę komórkową nad akrosomem przez przykrywanie receptorów na jego powierzchni i w ten sposób zapobiegają przedwczesnej reakcji akrosomalnej; 4) uniemożliwiają pochłonięcie plemników przez fagocyty.

W świetle tych danych kapacytacja polegałaby na stopniowym usuwaniu zaadsorbowanych materiałów i w ten sposób odkrywałaby receptory na powierzchni plemnika, umożliwiając im reakcję z substancjami

Tabela 1

Szybkość kapacytacji u różnych gatunków (zestawiono wg danych Bedforda, 1970)

Gatunek	Warunki kapacytacji	Czas (godz.)	Autor
królik	macica + jajowód jajowód	5—6	Chang, 1955
		10—11	Adams i Chang, 1962
szczur	macica	10	Bedford, 1969
	macica + jajowód	2—3	Austin, 1951
mysz	macica + jajowód	1	Austin i Braden, 1954
	pł. Tyrode + pł. folikularny krowy in vitro	2	Iwamatsu i Chang, 1969
chomik	macica + jajowód lub in vitro	2,5—3	Yanagimachi, 1969
owca	jajowód	1,5	Mattner, 1963
świnia	macica + jajowód	2	Hunter i Dziuk, 1968
rezus	macica + jajowód	2—3	Marston i Kelly, 1968

znajdującymi się na powierzchni jaja lub emanującymi z niego. Kapacytacja ma prawdopodobnie charakter enzymatyczny, gdyż np. u chomika zachodzi pod wpływem β -glukuronidazy (Gwatkin i Hutchison, 1971). Stwierdzono także zmiany metabolizmu pod działaniem wydzielin dróg rodnych samicy; nie wiadomo jednak, czy mają one bezpośredni związek z kapacytacją. U chomika (Yanagimachi, 1969) i u myszy (Iwamatsu i Chang, 1969) stwierdzono zmiany w sposobie ruchu plemnika — w stanie kapacytacji wykazuje on maksimum ruchu w przód, co może być korzystne dla zapłodnienia.

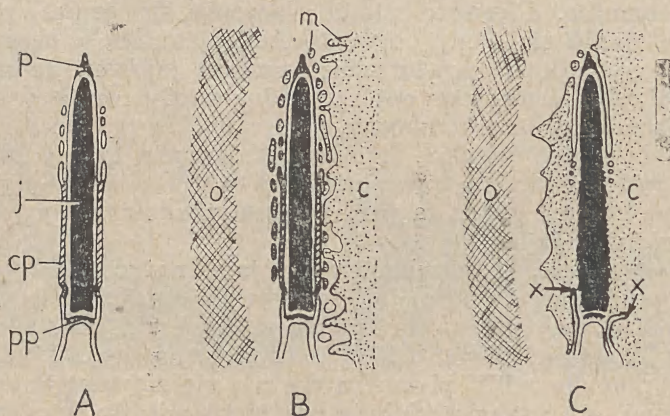
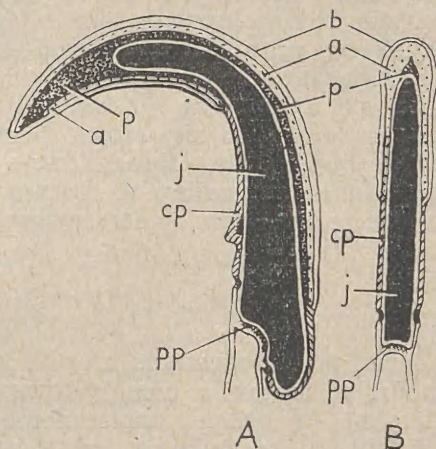
REAKCJA AKROSOMALNA

Po przybyciu plemnika do jajowodu, do jego części ampularnej, dochodzi do spotkania z jajami, które dostają się tu dzięki ruchom rzęsek jajowodu. Tu plemnik napotyka następną przeszkodę; jest nią wzgórek jajonośny, utworzony przez komórki folikularne, zlepione galaretowatą masą składającą się z kwasu hialuronowego i białek. Plemnik toruje sobie drogę wśród tych komórek przy pomocy hialuronidazy, enzymu zawartego w akrosomie (rys. 1). Udaje się to jednak tylko plemnikom kapacytowanym. Kontakt między jajem a plemnikiem zostaje osiągnięty na skutek przypadkowej kolizji, przy czym duży wieniec komórek folikularnych zwiększa szanse zetknięcia się (Austin i Braden, 1954). W czasie przechodzenia przez wzgórek jajonośny plemniki kapacytowane zdolne są do wytworzenia reakcji akrosomalnej, w czasie której uwalniają się enzymy akrosomalne. Wiadomo, że oprócz hialuronidazy główka plemnika zawiera enzymy proteolityczne, typu trypsyny (zona-lizyny). Enzymy te można z plemników ekstrahować; mają one właściwości usu-

wania komórek folikularnych i rozpuszczania otoczki przejrzystej jaja *in vitro* (Srivastava i in., 1965).

Reakcja akrosomalna zachodzi dzięki zlaniu się ze sobą, w wielu punktach na raz, błony plazmatycznej plemnika z zewnętrzną błoną akrosomu. Tworzą się przy tym drobne pęcherzyki, widoczne w mikroskopie elektronowym (rys. 2 A). Ten proces posuwa się od przodu ku tyłowi akrosomu, nie obejmując jednak jego tylnej części, która pozo-

Rys. 1. Diagram przedstawiający struktury główki plemnika szczura. A — przekrój środkowy, B — przekrój czołowy. *a* — akrosom, *b* — błona plazmatyczna, *cp* — czapeczka pozajądrowa, *j* — jądro, *pp* — płytka podstawowa (wg Pikó, 1969)



Rys. 2. Diagram przedstawiający wnikanie plemnika do komórki jajowej. A — przekrój czołowy przez plemnika, który przeszedł przez otoczkę przejrzystą jaja; brak zawartości akrosomu; ze zlania się błony cytoplazmatycznej i zewnętrznej błony akrosomalnej powstały pęcherzykowate twory (por. rys. 1B); *c* — cytoplasma komórki jajowej, *cp* — czapeczka pozajądrowa, *j* — jądro, *p* — perforatorium, *pp* — płytka podstawowa. B — główka plemnika w przestrzeni dookoła żółtkowej otoczona przez mikrokosmki (*m*) jaja; *o* — otoczka przejrzysta jaja. C — główka plemnika w czasie przenikania do cytoplazmy jaja. Błony w okolicy czapeczki pozajądrowej zanikły, a jądro w tej części weszło w kontakt z cytoplazmą jaja, *xx* — punkty, w których widać łączenie się błon plazmatycznych plemnika i jaja (wg Pikó 1969)

staje nienaruszona. Wytworzone pęcherzyki wkrótce rozpraszają się i zanikają. Zewnętrzną powierzchnię przedniej części główki stanowi teraz wewnętrzna błona akrosomu.

Z kolei rozpoczyna się pokonywanie następnej bariery, jaką stanowi zona pellucida, otoczka przejrzysta, grubości 15 μ , zbudowana z kwaśnych mukopolisacharydów. Powstaje pytanie, dzięki jakim enzymom się to dzieje. Wykazano co prawda, że enzymy akrosomalne zdolne są do rozpuszczania otoczki, jednakże trudność polega na tym, że zarówno zewnętrzna błona akrosomu, jak i jego zawartość zostają usunięte, zanim zaczyna się przenikanie przez zonę. Możliwe, że pewne enzymy pozostają związane z wewnętrzną błoną akrosomu w takiej postaci, której nie da się ujawnić w mikroskopie elektronowym. Nie wydaje się, aby u ssaków tworzyło się włókno akrosomalne, jakie występuje u niektórych bezkręgowców. Obrazy, które to sugerowały, można wytłumaczyć powstawaniem szczeliny w otoczce przed wnikającym plemnikiem. Jest ona dobrze widoczna w starzejących się jajach (Bedford, 1970).

WNIKANIE PLEMNIKA DO KOMÓRKI JAJOWEJ

Zaraz po przedostaniu się do przestrzeni dookołażółtkowej plemnik wchodzi w kontakt z błoną jajową; ustaje wtedy ruch witki. Elektronomikroskopowe badania zapłodnienia u chomika, myszy, szczura i królika wykazały, że początkowy kontakt między plemnikiem a jajem tworzy się za pośrednictwem postakrosomalnej powierzchni główki (rys. 2 B), a więc inaczej niż u bezkręgowców, gdzie obejmuje on najpierw część apikalną plemnika. Pierwsze stadia łączenia się gamet polegają na punktowym zlaniu się błony plazmatycznej plemnika w części postakrosomalnej z wyrostkami powierzchni komórki jajowej. Jednocześnie ta część główki zostaje otoczona ooplazmą. Już wtedy rozpoczyna się w tym miejscu dekondensacja chromatyny, zanim jeszcze przednia i tylna część główki znajdują się w komórce jajowej. Wniknięciu tylnej części główki, wstawki i witki plemnika towarzyszy także zanik błony plazmatycznej, ale nie wiadomo, czy błona ta jest również wbudowywana w powierzchnię zapłodnionego jaja.

Dzięki opisanemu tu mechanizmowi jajo, natychmiast po wniknięciu rejonu postakrosomalnego, jest wystawione na działanie enzymatyczne aktywnego materiału pochodzącego z czapeczki pozajądrowej, leżącej między błoną jądrową a błoną plazmatyczną (rys. 2 B, C). U wielu gatunków organelle witki plemnika dostają się również do wnętrza komórki jajowej, ale prawdopodobnie nie biorą udziału w rozwoju.

Dekondensacja chromatyny jądra plemnika szybko postępuje naprzód. Nie zidentyfikowano dotąd czynników cytoplazmatycznych odpowiedzialnych za ten proces. Błona jądrowa plemnika zanika, a przyszła błona jądrowa przedjądra męskiego tworzy się na nowo; proces ten trwa 2—3 godzin. Jednocześnie powstają jąderka.

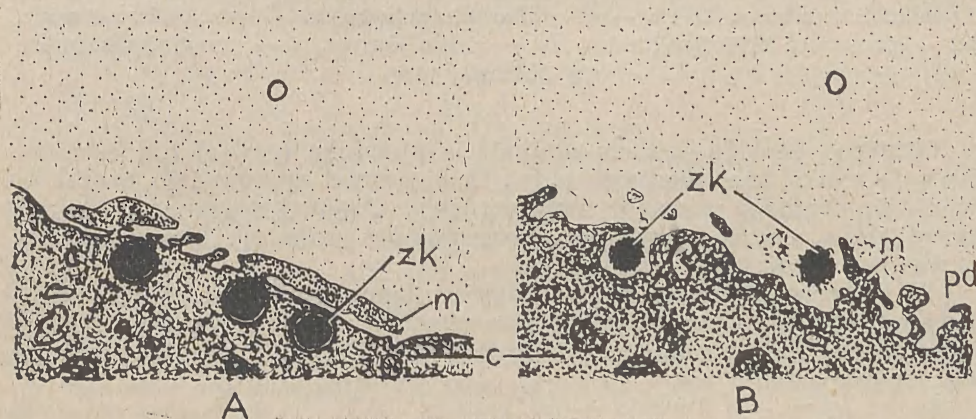
REAKCJA KOROWA

Jaka jest reakcja jaja na wniknięcie plemnika? Pierwsze zmiany obserwuje się na powierzchni komórki jajowej. W jaju niezapłodnionym pod powierzchnią mieszczą się w cytoplazmie ziarna korowe. Zostały

one po raz pierwszy opisane u ssaków przez Austina (1956, 1961) u chomika, a potem u wielu innych gatunków (rys. 3 A). Mają średnicę 160—350 nm; wykazują reakcję PAS-pozytywną i są odporne na diastazę, co świadczy o obecności mukopolisacharydów.

W czasie wnikania plemnika do komórki jajowej następuje reakcja korowa jaja. Ziarna korowe otwierają się przez zlanie się swojej błony z błoną jajową, a zawartość ziaren zostaje wyrzucona do przestrzeni dookołażółtkowej (rys. 3 B). Reakcja ta wywołuje blok przeciwko polispermii. U niektórych gatunków (np. myszy i szczura) blok ten objawia się także jako reakcja zony, która uniemożliwia lub utrudnia wniknięcie dodatkowych plemników. O tym, że po reakcji korowej zmieniają się właściwości zony świadczy fakt, że enzymy proteolityczne (trypsyna, pronaza) szybciej trawią otoczki jaj niezapłodnionych niż zapłodnionych (Gwatkin, 1964; Krzanowska, w druku). Prawdopodobnie następuje chemiczne współdziałanie między zawartością ziarn korowych a samą otoczką, chociaż istota tego procesu nie została wyjaśniona. Ostatnio wykazano, że materiał z ziarn korowych może wywołać reakcję zony *in vitro* (Barros i Yanagimachi, 1971).

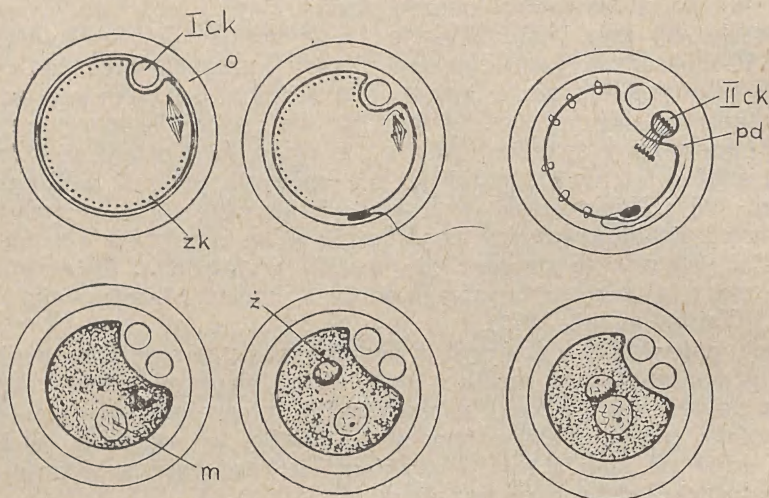
U tych gatunków, u których z reguły szereg plemników wnika pod otoczkę przejrzystą (np. królik), treść ziarn korowych może mieć znaczenie zapobiegania wniknięciu następnych plemników do wnętrza samej komórki jajowej. Prawdopodobnie niezbędne są przy tym jony wapnia, gdyż po zadziałaniu związkiem chelatującym zapłodnione jaja mogą zostać zapłodnione po raz drugi.



Rys. 3. Reakcja korowa u królika. A — fragment powierzchni jaja niezapłodnionego. Widoczne ziarna korowe pod błoną cytoplazmatyczną. B — fragment powierzchni jaja po wniknięciu plemnika. W wyniku zlania się błony cytoplazmatycznej z błoną ziarn korowych zawartość ich znalazła się w przestrzeni dookołażółtkowej; c — cytoplazma komórki jajowej, m — mikrokosmki, o — otoczka przejrzysta, pd — przestrzeń dookołażółtkowa, zk — ziarna korowe

Warto zaznaczyć, że wystrzelenie ziarn korowych zachodzi także w starzejących się jajach, które przestają wtedy być zdolne do zapłodnienia. W jajach aktywowanych sztucznie ziarna korowe pozostają (Thibault, 1964) a jaja takie zdolne są do monospermicznego zapłodnienia.

Ostatnio Cooper i Bedford (1971) wykazali, iż po reakcji korowej wzrasta koncentracja ładunków ujemnych na powierzchni jaja. Stwierdzili oni także, iż jaja niezapłodnione, pozbawione zony w sposób mechaniczny, mają tendencję przylepiania się do siebie i do igieł preparacyjnych, podczas gdy jaja zapłodnione nie wykazują tej skłonności.



Rys. 4. Diagram przedstawiający kolejne stadia zapłodnienia u królika. *I ck* — I ciało kierunkowe, *II ck* — II ciało kierunkowe, *m* — przedjądrze męskie, *pd* — przestrzeń dookołażółtkowa, *zk* — ziarna korowe, *z* — przedjądrze żeńskie (wg Thibault, 1969)

Następną reakcją jaja na wniknięcie plemnika (rys. 4) jest wydzielenie II ciała kierunkowego (gdyż u większości ssaków jajo owuluje w czasie drugiego podziału mejotycznego). Potem zaczyna się tworzyć przedjądrze żeńskie: dookoła chromosomów powstaje błona jądrowa a wewnątrz pojawiają się jąderka.

W kilkanaście godzin po wniknięciu plemnika do jaja zanika błona jądrowa obu przedjadrzy, a ich chromosomy układają się we wspólną metafazową płytkę pierwszego podziału bruzdkowania. Na tym kończy się zapłodnienie.

NIENORMALNOŚCI PROCESU ZAPŁODNIENIA

Typowy proces zapłodnienia polega na zespoleniu materiału genetycznego jednej komórki jajowej i jednego plemnika. Zdarza się jednak, że proces ten ulega zaburzeniu, prowadząc do powstania zygot eupoliploidalnych, o liczbie chromosomów zwiększonej o całe genomy lub aneuploidalnych, zawierających pojedyncze dodatkowe chromosomy. Najczęstszą przyczyną powstawania zygot poliploidalnych (Thibault, 1971) jest polispermia, polegająca na wniknięciu więcej niż jednego plemnika i w konsekwencji na utworzeniu kilku przedjadrzy męskich. Spontanicznie zdarza się to rzadziej niż w 2% przypadków. Inną przyczyną

poliploidii jest zatrzymanie II ciała kierunkowego, w wyniku czego tworzą się dwa przedjądrza żeńskie. Częstość tych przypadków wynosi około 1%. Wreszcie niekompletne rozejście się chromosomów w mejozie powoduje powstanie osobników trisomicznych (z dodatkowym chromosomem) lub monosomicznych (bez jednego chromosomu).

Anomalie te powstają znacznie częściej w nienormalnych warunkach, np. pod wpływem ogrzewania jajowodów u szczura i myszy. U wielu gatunków duży wpływ na powstawanie tych nienormalności ma opóźnione zapłodnienie, w wyniku którego spotykają się ze sobą starzejące się gamety. Częstość nienormalności może wtedy wzrosnąć do kilkunastu procent. Przekonano się, że jaja krowy są odporne na działanie tego czynnika, natomiast jaja królika i świni — bardzo podatne. Wydaje się, że do bardzo wrażliwych należą też jaja człowieka. Brak okresu rujowego u ludzi, umożliwiając spotkanie się starzejących się gamet, może być więc czynnikiem zwiększającym częstość nienormalności zapłodnienia.

LITERATURA

- [1] C. R. Austin — *Nature* (Lond.), 170: 326, 1952.
- [2] C. R. Austin — *Exptl. Cell Res.*, 10: 533, 1956.
- [3] C. R. Austin — *The mammalian egg*. Blackwell, Oxford, England, 1961.
- [4] C. R. Austin, A. W. H. Braden — *Aust. J. Biol. Sci.*, 7: 195, 1954.
- [5] C. Barros, R. Yanagimachi — *Nature* (Lond.), 233: 268, 1971.
- [6] J. M. Bedford — *The saga of mammalian sperm from ejaculation to syngamy. Mammalian Reproduction*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1970.
- [7] A. W. H. Braden, S. Gluecksohn-Waelsch — *J. exp. Zool.*, 138: 431, 1958.
- [8] M. C. Chang — *Nature* (Lond.), 175: 1036, 1955.
- [9] G. W. Cooper, J. M. Bedford — *J. Reprod. Fert.*, 25: 431, 1971.
- [10] R. B. L. Gwatkin — *J. Reprod. Fert.* 7: 99, 1964.
- [11] R. B. L. Gwatkin, C. F. Hutchison — *Nature* (Lond.), 229: 343, 1971.
- [12] T. Iwamatsu, M. C. Chang — *Nature* (Lond.), 224: 919, 1969.
- [13] H. Krzanowska — *Acta biol. cracov. ser. zool.*, 5: 279, 1962.
- [14] H. Krzanowska — *J. Reprod. Fert.* (w druku).
- [15] G. H. Parker — *Phil. Trans. B.*, 219: 381, 1931.
- [16] L. Pikó — *Gamete structure and sperm entry in mammals. Fertilization* (Eds. Metz and Monroy) III. Academic Press. New York, London, 1969.
- [17] P. N. Srivastava, C. E. Adams, E. F. Hartree — *Nature* (Lond.), 205: 498, 1965.
- [18] C. Thibault — *Proc. 5th Intern. Congr. Animal Reprod.*, Trento, 7: 294, 1964.
- [19] C. Thibault — *In vitro fertilization of the mammalian egg. Fertilization* (Eds. Metz and Monroy) III. Academic Press. New York, London, 1969.
- [20] C. Thibault — *Advances in the Biosciences*, 6: 63, 1971.
- [21] A. J. Weil — *Science*, 131: 1040, 1960.
- [22] A. J. Weil — *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 124: 267, 1965.
- [23] R. Yanagimachi — *J. exp. Zool.*, 179: 269, 1969.

WĘDRÓWKI PTAKÓW JAKO WYNIK DZIAŁANIA DOBORU NATURALNEGO

Wędrówki są zjawiskiem powszechnym w świecie zwierząt. Występują nie tylko wśród ptaków, ale również u wielu ssaków, płazów, ryb, morskich bezkręgowców, owadów. Przeloty ptaków, jako zjawisko bardzo regularne i łatwe do spostrzeżenia, od dawna budziły zainteresowanie ludzi. Chciałbym poruszyć tu dwa problemy: jak mogło powstać skomplikowane zjawisko przelotów oraz od czego zależy, czy populacja jest osiadła czy migrująca.

Dawniejsze teorie podkreślały, że czynniki historyczne odgrywały główną rolę w kształtowaniu wędrówek. Trzy grupy tego typu poglądów można by streścić następująco. Postępujące zlodowacenie plejstoceniśkie powodowało nagromadzenie w tropiku i subtropiku gatunków miejscowych oraz pochodzących z obszarów północnych zajętych przez lodowiec. Stłoczenie ptaków było bodźcem do powrotu na północ z chwilą ustępowania lodów. Jak wiadomo, okresy lodowcowe powtarzały się kilkakrotnie. Kilkakrotnie też ptaki musiały wędrować na północ i południe. Dzisiejsze przeloty miałyby być powtórzeniem tamtych przesunięć populacji, a szlaki przelotów byłyby również „pamiętką”, po tamtych ruchach migracyjnych. Druga grupa autorów uważała, że dzisiejsze gatunki przelotne pochodzą z tropiku, a migracje powstały na drodze inwazji na północ w okresach międzylodowcowych. Wolfson (1948) wysunął hipotezę, że ruchy kontynentów odegrały rolę w powstawaniu wędrówek ptaków. Jeśli ruchy kontynentów rzeczywiście miały miejsce, to jednak tak dawno, że nie mogły odegrać roli w kształtowaniu wędrówek ptaków.

Przecenianie roli czynników historycznych w powstawaniu wędrówek ptaków już dość dawno poddano krytyce (Mayr i Meise, 1930). Jednakże poglądy podkreślające rolę okresów lodowcowych w ewolucji migracji spotyka się jeszcze dość często w pracach i podręcznikach (np. Baziew, 1968; Welthy, 1963). Wędrówki występują nie tylko w strefie umiarkowanej półkuli północnej. Odkryto je również w tropikalnej Afryce (Moreau, 1951). Mają one tam związek z okresami deszczu i suszy. Wędrówki ptaków występują również na półkuli południowej, gdzie zlodowacenie plejstoceniśkie nie miało miejsca. Istnieje więc potrzeba opracowania ogólniejszej teorii powstawania wędrówek, teorii o charakterze ekologicznym.

Za tym, że wędrówki sezonowe są uwarunkowane genetycznie, przemawia wiele argumentów. Przytoczę niektóre z nich. Przystosowania ptaków do przelotów mają głębokie podłoże fizjologiczne. Okresowo gromadzą się zapasy tłuszczu, umożliwiające długi lot bez pobierania pokarmu. Gatunki wędrowne mają precyzyjne mechanizmy orientacyjne

oraz zegar fizjologiczny informujący ptaka o terminie podjęcia wędrówki. Najczęściej bodźcem do odlotu na zimowiska nie jest wystąpienie niekorzystnych warunków. Ptaki rozpoczynają migrację wcześniej, gdy pokarmu jest jeszcze dużo i możliwe jest odkładanie zapasów energetycznych w organizmie. U wielu gatunków genetycznie uwarunkowany jest nie tylko instynkt wędrowania, lecz nawet trasa przelotu. U większości ptaków wróblowatych osobniki stare i młode lecą osobno, niejednokrotnie w nieco innym terminie, nie może więc być mowy o uczeniu się szlaków wędrówek od rodziców. Inaczej jest u ptaków blaszkodziobych. Łabędź czarnodzioby coraz liczniej zimuje w Anglii (Lack, 1968). Te nowe zimowiska wytworzyły się w ciągu dwudziestu lat. Tak szybka zmiana jest możliwa, gdyż łabędzie wędrują rodzinami, młode uczą się poznawania zimowisk od swoich rodziców. Podobne zjawisko, choć na bardzo małą skalę, obserwowałem wśród łabędzi niemych zimujących na Wiśle około Oświęcimia. Zimą 1965/1966 obserwowałem 14 łabędzi, zimą 1966/1967 już 23, 1967/1968 — 28, 1968/1969 aż 36 ptaków. Wzrost ten jest wprawdzie niewielki, ale regularny.

Jeśli migracje są uwarunkowane genetycznie, możemy przyjąć, że powstały i utrzymują się lub zanikają pod wpływem działania doboru naturalnego. Jeśli są uwarunkowane tradycją przekazywaną potomstwu przez rodziców, sytuacja również się nie zmienia. Wprawdzie informacja jest tu przekazywana w zupełnie inny sposób, nie poprzez replikację DNA, lecz poprzez uczenie się, ale selekcja będzie działać w podobny sposób. Jeśli pewne zimowiska są szczególnie korzystne, osobniki spędzające tam zimę mają większą szansę przeżycia, a więc i pozostawienia potomstwa, niż inne. Większe jest więc również prawdopodobieństwo przekazania swojej „wiedzy” o zimowiskach następnemu pokoleniu. Dlatego liczba ptaków zimujących w korzystnym miejscu będzie wzrastać.

Aby powstało zjawisko sezonowych wędrówek, musi istnieć sezonowa zmienność warunków bytowania. Dla wielu gatunków strefy umiarkowanej prawdopodobieństwo przeżycia zimy w obszarach lęgowych jest tak małe, że populacje mogą utrzymać się tylko dzięki przelotom do odległych arealów zimowiskowych. Jednocześnie obszary lęgowe są doskonale do rozrodu. Latem dzień jest tu dłuższy niż w strefie tropikalnej, co umożliwia zdobycie większej ilości pokarmu. Ponadto konkurencja międzygatunkowa jest tu znacznie słabsza niż na obszarach tropikalnych. Jeśli dwa gatunki konkurują ze sobą o pokarm, może dojść do specjalizacji każdego z nich, a więc do zacieśnienia nisz ekologicznych. Innym sposobem uniknięcia konkurencji może być izolacja przestrzenna. Jeden gatunek opanowuje nowe obszary lęgowe, nie zajęte przez drugi. Zagadnieniem tym zajął się Cox (1968). Przyjął on, że miarą specjalizacji wewnątrz grupy systematycznej jest zróżnicowanie narządu służącego do pobierania pokarmu, a więc dzioba w przypadku ptaków. Autor ten porównał zróżnicowanie długości dzioba w różnych rodzinach osiadłych ptaków Costa-Rica i wędrownych Ameryki Północnej. Stwierdził on, że jeśli porównamy gatunki z tej samej rodziny, to okaże się, że większe zróżnicowanie długości dzioba występuje wśród osiadłych ptaków tropikalnych niż wśród wędrownych strefy umiarkowanej. Można stąd wyciągnąć wniosek, że konkurencja w strefie umiarkowanej jest słabsza, mniejsze jest zróżnicowanie nisz pokarmowych.

Zajęcie obszarów położonych na północy jest więc korzystne, lecz

pociąga za sobą konieczność powstania nowego zjawiska — wędrówek sezonowych.

Nie wszystkie gatunki strefy umiarkowanej wędrują. Można wyróżnić trzy typy populacji: osiadłe, wędrowne i częściowo wędrowne. W populacjach częściowo wędrownych istnieje frakcja osobników osiadłych i frakcja osobników migrujących. Powyższy podział jest tylko konwencjonalny. Nie można mówić o całkowicie osiadłych populacjach ptaków. U zwierząt tak ruchliwych zawsze występują pewne ruchy migracyjne, chociaż mogą być one nieregularne i bezkierunkowe. Z drugiej strony nie ma chyba populacji, w której wszystkie osobniki odlatują na zimę. Zdarzają się próby zimowania w Polsce nawet owadożernych pokrzewek czarnołbistych (Strawiński, 1965), bocianów białych (Materiały do awifauny Polski, 1967) i wielu innych gatunków uważanych za niezimujące. Tendencja do wędrowania jest prawdopodobnie powodowana przez wiele genów o addytywnym działaniu. Te rzadkie przypadki osiadłości wśród gatunków wędrownych występują być może wówczas gdy na skutek rekombinacji powstanie układ genów powodujący słaby pęd do wędrówek. Takie osobniki są najczęściej szybko eliminowane przez selekcję. Może się jednak zdarzyć, że zmieniają się warunki zimowania w areałach lęgowych. Osiadłość okaże się bardziej korzystna niż wędrowność, która również naraża ptaka na wiele niebezpieczeństw. Dobór naturalny będzie wtedy działał w kierunku zwiększenia liczby ptaków zimujących.

Człowiek stworzył zimującym ptakom wiele dodatkowych źródeł pokarmu i miejsc schronienia, szczególnie w miastach. Chyba dlatego obserwujemy wiele zmian behavioru migracyjnego. Zmiany te są niesłychanie szybkie. Jak wiadomo, wytworzyła się w Europie zachodniej osiadła populacja kosów. Granica występowania osiadłych kosów miejskich szybko przesunęła się na wschód. Na początku lat sześćdziesiątych naszego stulecia przebiegała w Polsce wzdłuż Wisły i Sanu (Gromadzki, 1964), teraz przesunęła się prawdopodobnie jeszcze na wschód. Coraz częściej obserwuje się zimą w Polsce szpaki, skowronki, zięby. Do niedawna ptaki te były typowymi migrantami. Brytyjskie mewy żółtonogie przed rokiem 1940 zwykle migrowały, tylko niewiele osobników pozostawało w Anglii na zimę. Obecnie zimuje tam dużo mew z tego gatunku. Żerują one na śmietnikach w okolicach miast (Lack, 1968).

Od czego zależy, czy populacja jest osiadła, czy wędrowna? Zima to okres szczególnie trudny do przeżycia dla ptaków. Jeśli wystąpią duże mrozy, opady śnieżne lub oblodzenie gałęzi, większość osobników ginie. Jednakże podczas przelotów straty są też duże, szczególnie wśród tak drobnych ptaków jak mysikrólik. Według Lacka (1968) dobór naturalny działa w kierunku wytworzenia osiadłości populacji, jeśli średnia śmiertelność wśród osobników osiadłych jest niższa niż wśród osobników migrujących. Proporcja ptaków migrujących będzie wzrastać, jeśli sytuacja jest odwrotna, straty wśród migrantów są mniejsze. Populacja pozostanie częściowo migrująca, jeśli średnie prawdopodobieństwo przeżycia osobników wędrownych jest takie samo jak osobników osiadłych. Cohen (1967) badał to zagadnienie przy pomocy modelu matematycznego. Wykazał on, że migracyjność zależy nie tylko od średnich szans przeżycia ptaków migrujących i osiadłych, lecz również od zmienności tych szans, a więc przede wszystkim od zmienności warunków pokarmowych i klimatycznych zimą. Jeśli warunki są zmienne, jest korzystne dla populacji,

by część osobników wędrowała, część była osiadła, nawet jeśli średnie szanse przeżycia migrantów i ptaków osiadłych różnią się.

Możemy przewidywać, że u gatunków częściowo wędrownych frakcja migrantów będzie liczniejsza w północnej niż w południowej części arealu lęgowego. Zjawisko takie zaobserwowano np. u rudzika (Lack, 1968). Podobnie Snow (1966) wykazał, że w Szkocji migruje ponad 30% populacji kosa, w północnej Anglii 15%, a w południowej tylko 4% ptaków.

Lack i Cohen przyjęli założenie, że dobór naturalny popiera lub zwalcza wędrowki tylko poprzez różnicowaną śmiertelność migrantów i osobników osiadłych. Według nich obie frakcje populacji nie różnią się rozrodczością. Pogląd ten poddał krytyce Haartman (1968). Osiadłe samce mogą zająć korzystne terytoria i miejsca na gniazdo, zanim pojawią się samce, które odleciały na zimę. Konkurencja samców o terytoria nie przybiera na ogół formy prawdziwej walki. Zwykle ogranicza się do pewnych zachowań „symbolicznych”, przyjmowania postaw odstraszających. Prawie zawsze zwycięża w tej niby walce właściciel terytorium (Wynne-Edwards, 1962). W populacji istnieje prawdopodobnie często nadwyżka samców, które nie zdobyły terytoriów i są wyłączone z rozrodu. W populacjach częściowo wędrownych będą to z reguły samce migrujące. Przy zbliżonych szansach przeżycia ptaków zimujących i odlatujących na zimę, osiadłe samce mają większe możliwości pozostawienia potomstwa. Hipotezę tę popiera fakt, że w populacjach częściowo wędrownych pozostaje na zimę więcej samców niż samic. Samice u większości gatunków nie biorą udziału w walkach terytorialnych. Jest ich często mniej niż samców. Pozostawianie samic na zimę nie zwiększa więc prawdopodobieństwa pozostawienia większej liczby potomstwa.

Haartman (1968) podaje jeszcze jeden argument przemawiający za tym, że w ewolucji osiadłości i wędrowności odgrywać może rolę różnicowana rozrodczość. Wiadomo, że wśród ptaków gnieźdzących się w dziuplach straty lęgów są mniejsze niż wśród blisko spokrewnionych gatunków budujących gniazda otwarte, gdyż dziuple są mniej plądrowane przez drapieżniki. Mimo to nie wszystkie gatunki stały się dziuplakami, ponieważ istnieje ograniczona liczba dziupli i jest o nie silna konkurencja, zarówno wewnątrz- jak i międzygatunkowa. W Finlandii wśród dziuplaków z rzędu wróblowatych 50% gatunków jest osiadłych, 39% migrujących; reszta to gatunki częściowo migrujące. Wśród ptaków wróblowatych ścielących gniazda otwarte jest tylko 15% gatunków osiadłych 73% migrujących. Podobna sytuacja istnieje wśród wróblowatych Nowego Świata. Duży procent ptaków osiadłych spośród dziuplaków może być spowodowany tym, że ptaki później przybywające z wędrowki zastawałyby już wszystkie dziuple zajęte, nie brałyby udziału w lęgach. Dlatego dobór naturalny popiera wśród dziuplaków osiadłość. Warto zauważyć, że późno przylatujące muchołówki żałobne gnieźdzą się zwykle — wg Haartmana — w skrzynkach lęgowych uszkodzonych, nie zajętych przez sikory. Boreczyński i Sokołowski (1953) stwierdzili, że muchołówki żałobne wolą jasne, nowe skrzynki, z daleka widoczne na tle pni. Moim zdaniem jest mało prawdopodobne, by ptaki istotnie wybierały tak widoczne i narażone przez to na niebezpieczeństwo punkty. Prawdopodobnie lepiej ukryte skrzynki są zajęte wcześniej przez sikory.

Trzeba jednak pamiętać, że osiadłe dziuplaki w okresie zimowym

korzystają z dziupli podczas noclegów. Zmniejsza to z pewnością straty i odgrywa również znaczną rolę w powstawaniu osiadłych populacji.

Regularne wędrówki odbywające się po ustalonych szlakach i w określonych terminach to zjawisko bardzo skomplikowane. Dotychczas rozważałem problem, jakie zyski daje wędrowność i kiedy dobór naturalny popiera wędrowność, a kiedy osiadłość. Można jednak postawić inne, chyba trudniejsze pytanie: jakie były stopnie pośrednie prowadzące do powstania dzisiejszych dobrze wykształconych przelotów.

Wśród ptaków, jak i wśród innych zwierząt istnieje często tendencja do opuszczania miejsca urodzenia, rzadziej miejsca poprzedniego rozrodu i przenoszenia się na mniejsze lub większe odległości. Tendencja ta jest silniejsza wśród młodych niż wśród starych osobników. Istnieje wiele prac wykazujących, że ta skłonność do dyspersji zależy również od zagęszczenia populacji; przy większym zagęszczeniu jest silniejsza. Przy wyjątkowo dużej liczebności mogą powstawać zjawiska zwane inwazjami. Co pewien czas można obserwować w Europie środkowej inwazje orzechówek, dzięciołów i sikor pochodzących głównie z Półwyspu Skandynawskiego. Inwazja jest to przemieszczenie dużej liczby osobników poza obszary zajmowane normalnie przez gatunek. Podczas inwazji większość osobników ginie, ponieważ szansa znalezienia odpowiedniego zimowiska lub nowego miejsca lęgów (zależnie od tego, jaki charakter ma inwazja, czy odbywa się jesienią czy wiosną), jest niewielka. Jednakże, jak wykazały materiały zdobyte poprzez obrączkowanie ptaków, niektóre osobniki wracają na teren stałego zasięgu. Według wszelkiego prawdopodobieństwa dobór naturalny popiera pewne kierunki inwazji. Być może w ten sposób, przez rozwiniecie i ukierunkowanie ruchów inwazyjnych mogły powstać regularne przeloty.

Jak zaznaczyłem wyżej, przeceniano dawniej rolę czynników historycznych w ewolucji wędrówek. Czynniki te mogą jednak mieć wpływ na kształtowanie szlaków przelotów. Chciałbym podać za Lackiem (1968) kilka przykładów, jak rozmieszczenie gatunku w przeszłości może wpływać na obecne trasy przelotów.

Większość ptaków gnieźdzących się na Półwyspie Skandynawskim leci jesienią w najbardziej korzystnym kierunku południowo-zachodnim. Niektóre jednak, np. wójcik zielony i skowronek górniczek, lecą w kierunku południowo-wschodnim. Według wszelkiego prawdopodobieństwa gatunki te rozprzestrzeniły się na Europę północną właśnie z południowo-wschodu w stosunkowo niedalekiej przeszłości. Większość ptaków gnieźdzących się na Grenlandii odlatuje na zimę do Ameryki Północnej. Jednakże grenlandzki podgatunek białorzytki leci przez Ocean Atlantycki do Europy zachodniej i Afryki. Jeśli przyjrzeć się obszarom lęgowym białorzytki, staje się jasne, że podgatunek grenlandzki pochodzi od populacji europejskiej.

Te kilka przykładów wystarcza, by udokumentować twierdzenie, że trasy wędrówek są, przynajmniej początkowo, powtórzeniem szlaków rozprzestrzeniania się gatunku. Później mogą powstać nowe, korzystniejsze szlaki przelotu. Prawdopodobnie coraz liczniejsza staje się w ostatnich latach frakcja skandynawskich górniczków migrujących na południowy-zachód, a więc w tym kierunku co większość gatunków.

Powiązanie szlaków przelotu i szlaków rozprzestrzeniania się gatunku wskazują, że powstanie wędrówek może mieć związek z ekspansją populacji na nowe tereny. Wiadomo, że na granicy zasięgu występują

silne wahania liczebności. Ptaki często opuszczają najbardziej wysunięte stanowiska, potem pojawiają się ponownie. Granica występowania nie jest ostra, zmienia się nieco w czasie. Być może przesunięcia te są związane z wahaniami zagęszczenia w środku obszaru lęgowego. Nowe tereny zajmują osobniki wykazujące największą aktywność migracyjną. Być może są one usuwane z populacji przez mechanizmy regulacyjne. Te wyeliminowane osobniki prawdopodobnie rozprzestrzeniają się w różnych kierunkach. Nowe obszary kolonizują ptaki o tendencji do wędrowania właśnie w kierunku tych obszarów. Nastąpi więc wyselekcjonowanie osobników o największej aktywności migracyjnej połączonej z tendencją do wędrowania w określonych kierunkach. Może to mieć duże znaczenie w ewolucji wędrówek.

LITERATURA

- [1] Baziew Z. Ch. — *Migracji oddzielnych populacji kawkazskiego ulara (Tetrao-gallus caucasicus Pall.) i interpretacja ich pochodzenia*, Zool. Żur. XLVII, 1; 104—110, 1968.
- [2] Borezyński M., Sokołowski J. — *Wpływ skrzynek lęgowych na rozmieszczenie niektórych ptaków leśnych*, Ochr. Przyr., 21, 160—192, 1953.
- [3] Cohen D. — *Optimization of seasonal migratory behavior*, Amer. Natur., 101, 5—18, 1967.
- [4] Cox G. W. — *The role of competition in the evolution of migration*, Evol., 22, 180—192, 1968.
- [5] Gromadzki M. — *Wyniki obrączkowania ptaków w Polsce. Rodzina Tur-didae*, Acta Orn., VIII, 97—123, 1964.
- [6] Haartman L. von — *The evolution of resident versus migratory habit in birds. Some consideration*, Orn. Fenn., 45, 1, 1—15, 1968.
- [7] Lack D. — *Bird migration and natural selection*, Oikos, 19, 1, 1—9, 1968.
- [8] *Materiały do awifauny Polski IV*, Acta Orn., X, 2, 1967.
- [9] Mayr E., Meise W. — *Theoretisches zur Geschichte des Vogelzuges, Der Vogelzug* (Berlin), 1, 149—172, 1930.
- [10] Moreau R. E. — *Problems of Mediterranean-Saharan migration*, Ibis, 103 a, 373—427, 580—623, 1951.
- [11] Snow D. W. — *The migration and dispersal of British Blackbirds*, Bird Study, 13, 3, 237—255, 1966.
- [12] Strawiński S. — *Materiały do awifauny Polski IX*, Acta Orn., IX, 3, 131, 1965.
- [13] Welthy J. C. — *The life of birds*, New York: Alfred A. Knopf, 1963.
- [14] Wolfson A. — *Bird migration and the concept of continental drift*, Science, 108, 23—30, 1948.
- [15] Wynne-Edwards V. C. — *Animal dispersion in relation social behaviour*, Edinburg-London, Oliver and Boyd, 1962.

SAMOOCZYSZCZANIE SIĘ RZEK JAKO PROBLEM BIOLOGICZNY

Zanieczyszczona rzeka zdolna jest oczyścić się własnymi siłami, bez ingerencji ludzkiej — jak to sugeruje tytuł niniejszego artykułu. Dla wyjaśnienia tej niezmiernie cennej właściwości wód rzecznych i wód w ogóle, zabezpieczającej w przyrodzie wodę czystą, trzeba najpierw określić, co się rozumie przez zanieczyszczenie oraz jaki jest mechanizm owego, tak bardzo znamiennego procesu samooczyszczania. Stwierdźmy więc najpierw, że wodę prawdziwie czystą możemy uzyskać tylko w laboratorium. Wody naturalne zawierają zawsze rozpuszczone różne substancje mineralne i organiczne; nie są od nich wolne również wody wodociągowe. Za wodę czystą uważać więc będziemy taką, która nadaje się do bezpośredniego spożycia i do celów gospodarczych. Higienisci określają, że ma to być woda chłodna, przezroczysta, bez zapachu, bez zawartości zarazków chorobotwórczych i związków szkodliwych dla zdrowia. Wody zanieczyszczone to znowu takie, których skład lub stan jest tak zmieniony z przyczyn naturalnych lub pod wpływem gospodarki ludzkiej, że ich użytkowanie w gospodarstwie domowym i w przemyśle jest ograniczone lub zgoła niemożliwe.

Rozróżnia się różne stopnie zanieczyszczenia i różne ich przyczyny. Na początku jednak trzeba rozróżnić zanieczyszczenia naturalne oraz zanieczyszczenia spowodowane dopływem ścieków, wód zużytych w gospodarce miejskiej, przemysłowej lub rolniczej.

Zanieczyszczenia naturalne powstają w wodach okresowo w czasie obumierania roślin wodnych, np. wiosną na skutek opadania do wody pyłku drzew wiatropylnych, jesienią zaś martwych liści z drzew, obumierania drobnych zwierząt żyjących w mule na dnie rzeki lub owadów strącanych przez wiatr do wody z nadbrzeżnych zarośli. Nade wszystko jednak duże zanieczyszczenie rzek powstaje w czasie deszczów burzowych, gdy woda spłukuje ze zlewni zawiesiny mineralne i organiczne, ługuje łatwo rozpuszczalne nawozy z pól, wymywa chemiczne środki ochrony roślin. Są to zjawiska okresowe, przemijające po pewnym czasie. Zawiesiny mineralne opadają na dno tym szybciej, im grubsze jest ich uziarnienie. Najtrudniej opada zawiesina gliniasta, o bardzo drobnych, prawie koloidalnych cząstkach. Niemniej i w tym przypadku, dzięki współdziałaniu ruchów Browna, ładunku elektrycznego i pH wody, powstają drobne kłaczkki wytrącające się z wody i opadające na dno. Drobny detrytus, różne resztki organiczne zmyte z lądu, obumarłe resztki planktonu opadają również stopniowo na dno, gdzie częściowo są zjadane przez zwierzęta wodne, częściowo zaś ulegają rozkładowi pod wpływem mikroorganizmów.

Z naturalnymi zanieczyszczeniami rzeka daje sobie więc łatwo radę dzięki sedymentacji i różnorodnym organizmom roślinnym i zwierzęcym,

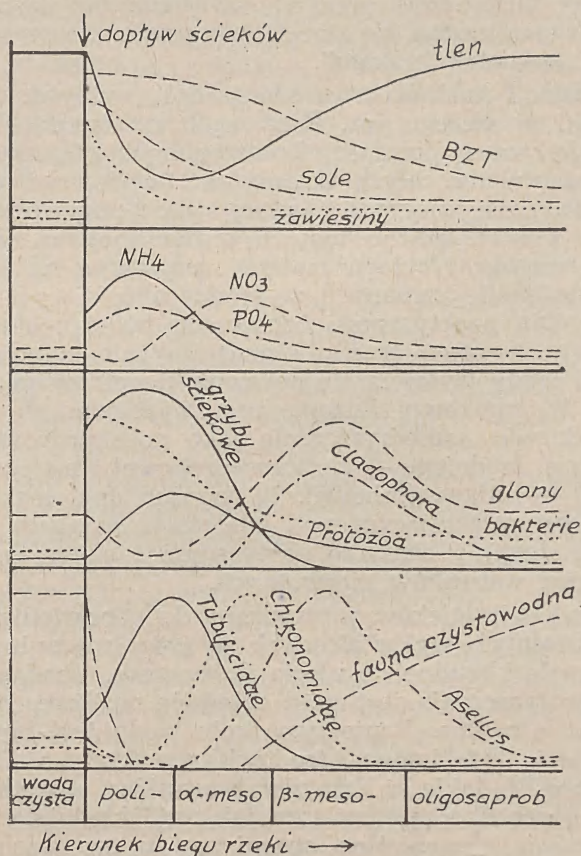
a w szczególności dzięki bakteriom destrucentom, doprowadzającym materię organiczną do całkowitej mineralizacji.

Inaczej jest ze ściekami wpływającymi do rzek z gospodarstw ludzkich, z miast i zakładów przemysłowych. Dziś już nasze rzeki nie są zdolne uwolnić się własnymi siłami od wciąż dopływających ścieków. Zanieczyszczenie nie słabnie z biegiem rzeki, lecz często się powiększa. Zjawisko to rozpoczęło się wtedy, gdy zanieczyszczenia gospodarcze przestały być gromadzone w kublach i dołach kloacalnych, a potem rozwożone na pola, lecz zaczęto je odprowadzać do wód za pośrednictwem kanalizacji wodno-splawnej. Wtedy to ścieki bytowe zaczęły nawozić wodę zamiast pól, a higieniści i technicy byli zadowoleni, że splukiwane klozety i kanalizacja miejska tak łatwo uwalnia ich od uciążliwych nieczystości. Niestety, nie zatroszczyli się i nadal jeszcze nie zawsze się troszczą o to, co dzieje się poza kanałem, co dzieje się ze ściekami w rzece. Rzeczą oczyszczania miast i zakładów przemysłowych nie została więc przemyślana do końca, technika nie usunęła klęski zanieczyszczenia, a tylko przesunęła ją z domu, podwórza lub miasta do wód płynących. Wody zaś odpowiedziały pogorszeniem warunków higienicznych, wstrętnym wyglądem, katastrofalnymi szkodami dla rybactwa i w końcu po wpływie do morza, zaburzeniami w chemiczno-biologicznej równowadze w środowisku morskim. Oczyszczanie ścieków stało się więc pilnym problemem, a procesy samooczyszczania stały się wzorem, przynajmniej dla likwidowania organicznej substancji ściekowej w sztucznych oczyszczalniach specjalnie do tego celu wybudowanych. Stąd też wywodzi się duże zainteresowanie, jakie to mechanizmy odgrywają rolę w procesie samooczyszczania.

Według powszechnie przyjętej definicji, samooczyszczanie przedstawia sumę procesów, które wodę zanieczyszczoną doprowadzają znowu do stanu przydatności. Nie jest to proces jednolity, lecz cały szereg procesów, przede wszystkim biologicznych, dzięki którym na pewnym odcinku rzeki zanieczyszczenia stopniowo znikają, przy czym rozmaite rodzaje zanieczyszczeń znikają z niejednakową szybkością.

Trzeba jednak na wstępie przypomnieć, co się dzieje w rzece po dopływie ścieków. Ogólny schemat zmian następujących w rzece pod wpływem ścieków przedstawia rysunek 1. Dopływ większej ilości ścieków do czystego potoku lub rzeki powoduje przede wszystkim zanik miejscowej flory i fauny. Jeśli nie były to ścieki zawierające silne trucizny, lecz głównie odpadowe substancje pochodzenia organicznego, wówczas na miejscu dawnych zbiorowisk rozwijają się nowe, z reguły krótkotrwałe i stosunkowo szybko przemijające. W pierwszej fazie rozwijają się więc ogromne ilości bakterii, które jednak wnet ustępują na rzecz tak zwanych grzybów ściekowych, tworzących obfite śluzowate i kłaczkowate naloty na przedmiotach podwodnych. Należy do nich bakteria nitkowata — *Sphaerotilus natans*, rozwijająca się szczególnie bujnie w granicach pH 6,8—8 oraz grzyb — *Leptomitus lacteus* występujący przede wszystkim w środowisku kwaśnym, poniżej pH 7. Równocześnie rozwijają się różne gatunki pierwotniaków, których maksimum rozwoju przypada jednak na okres, gdy grzyby ściekowe zaczynają ustępować. W następnej fazie zaznacza się wzmożony rozwój glonów, najpierw sinic i okrzemek, później zielenic, przy czym duże skupienia nitkowatych plech tworzy najpierw *Stigeoclonium*, później *Cladophora*. Spośród zwierząt okresowi masowego rozwoju grzybów ściekowych to-

warzyszą w mule dna liczne kolonie rureczników (*Tubificidae*), a nieco później larw ochotkowatych (*Chironomidae*). Jeszcze później dominuje ośliczka (*Asellus*), a dopiero w końcu, już w wodzie czystej pojawiają



Rys. 1. Typowe zmiany jakości wody oraz zbiorowisk roślinnych i zwierzęcych w rzece po dopływie ścieków (według Hynes, 1960)

się larwy jętek, widelnic i chrzączek. Te trzy grupy larw są najbardziej wrażliwe na działanie ścieków, po ich dopływie znikają całkowicie; dlatego też ich nieobecność może być wskaźnikiem dużego zanieczyszczenia wody.

W pierwszej fazie działania ścieków zaznacza się bardzo duży wzrost biochemicznego zapotrzebowania tlenu (BZT) i równocześnie spadek zawartości tlenu w wodzie, największy w okresie rozwoju grzybów ściekowych. Równocześnie wzrasta stopniowo zawartość amoniaku, a następnie kolejno: azotynów (NO₂) i azotanów (NO₃). Dopływ ścieków sprawia też duże zmętnienie wody, które stopniowo ustępuje; w potokach górskich woda po pewnym czasie staje się przezroczysta, w rzekach nizinnych jednak drobna, koloidalna zawiesina utrzymuje się stale.

Opisane w ogromnym uproszczeniu zjawiska przedstawiają schemat ogólny. W praktyce następują z najrozmaitszych przyczyn rozliczne za-

burzenia i odstępstwa od podanego schematu. Poza zmianami jakości i koncentracji dopływających ścieków, bardzo dużą rolę odgrywają czynniki morfologiczno-hydrologiczne, a zatem ukształtowanie koryta rzeki, prąd i przepływ wody, termika. Dlatego też nie można przeprowadzić poprawnej oceny biologicznej rzeki nie uwzględniając czynników hydrologicznych i łatwiej można się obejść bez wielu parametrów chemicznych niż bez „geometrii biotopu”.

Proces likwidacji ścieków trwa szereg dni i odbywa się na pewnej przestrzeni rzeki w szeregu faz. Poszczególnym fazom likwidacji ścieków odpowiadają zmiany dominacji poszczególnych gatunków flory i fauny wodnej oraz zmiany całych zbiorowisk. Są one związane ze zmianami środowiska, następującymi z jednej strony pod wpływem destrukcji zbytecznej i obcej wodzie materii organicznej ścieków, z drugiej jako wynik przemiany i obiegu materii, zużywania się i przekształcania jednych substancji czerpanych ze środowiska, a wydzielania innych do środowiska. Dla praktycznego oznaczania faz czy etapów rozkładu materii ściekowej w rzece oraz dla nadzorowania ustawowo zabezpieczonej czystości wody wyłoniła się potrzeba klasyfikowania poziomu zanieczyszczenia. W środkowej Europie przyzwyczajono się do określania strefy bardzo dużego zanieczyszczenia jako polisaprobowej, dużego — a-mezosaprobowej, średniego — b-mezosaprobowej i małego (wody praktycznie czystej) — oligosaprobowej. W krajach anglosaskich mówi się raczej o obszarze pozostającym pod wpływem świeżych ścieków podlegających degradacji, o obszarze septycznym i o obszarze, w którym następuje odnowa warunków pierwotnych.

Procesy likwidacji ścieków prowadzące do odnowienia zniszczonych zbiorowisk naturalnych wykształconych w rzece niezanieczyszczonej są niesłychanie zawiłe i trudne do ujęcia ilościowego. Zbadanie całego mechanizmu samooczyszczania jest więc zaledwie możliwe. Niemniej sprawa to niezmiernie ważna. Zanieczyszczenie wody jest bowiem w ostatecznym rezultacie problemem środowiska człowieka. Człowiek musi więc mądrze określić, jakie są dopuszczalne zmiany w wodach pod wpływem ścieków. Niezbędne są przy tym jak najdokładniejsze wiadomości, jaką rolę spełniają poszczególne organizmy w procesach oczyszczania wody i jak znajomość ich biologii można wyzyskać dla sterowania procesami zapewniającymi wodę czystą. Człowiek jest dziś organizmem dominującym na kuli ziemskiej i takim zapewne zostanie. W dzisiejszej sytuacji światowej nie ma mowy o środowiskach pierwotnych. Nawet ograniczone użytkowanie wody rzek, jezior i stawów musi spowodować zmiany jej cech fizycznych i chemicznych, a w końcu biologicznych. Przy tak bardzo dużej różnorodności substancji i środków chemicznych stosowanych masowo w nowoczesnej gospodarce ludzkiej, a często wcześniej w ogóle w przyrodzie nieznanych, zdarza się, że drobne ilości zanieczyszczeń chemicznych wpływają wyraźnie na zmiany naturalnych zbiorowisk organizmów wodnych. Jedynie biolog może te zmiany dostrzec, a nawet przewidzieć, jeśli pozna organizmy i zbiorowiska wodne i potrafi określić konieczne warunki do ich egzystencji. Małe są szanse dokładnego poznania wszystkich organizmów wodnych i ich spektrów gatunkowych, określających związki i wymagania względem środowiska. Tego rodzaju szczegółową znajomość biologii organizmów wodnych trzeba przewidzieć na dalszą przyszłość, tymczasem zaś należy się pilnie zająć poznaniem procesów szczególnie wyraźnie charakteryzujących

samooczyszczanie i takich, które można łatwo skorelować z czynnikami ekologicznymi oraz przedstawić ilościowo.

W biologii zajmującej się wodami zanieczyszczonymi przeważają jeszcze (przynajmniej u nas) badania opisowe. Stanowią wprawdzie one pierwszy i niezbędny krok do poznania zjawiska zanieczyszczenia i samooczyszczania, nie prowadzą jednak do zrozumienia mechanizmu tego zjawiska. Próby ilościowego zbadania procesów przemian zachodzących w wodach zanieczyszczonych są jeszcze nieliczne. Zaslugują m.in. na uwagę badania eksperymentalne w sztucznych rzekach, najlepiej może zorganizowane w należącej do Politechniki w Zurychu Stacji Oczyszczania Ścieków w Tiefenwies w Szwajcarii. Wśród licznych prac tego Zakładu zasługują na uwagę próby matematycznego ujęcia mechanizmu samooczyszczania, jak również niektórych zjawisk reagowania zbiorowisk organizmów wodnych na zmiany w środowisku (Wuhrmann i inni).

Zasadniczo można wyróżnić dwa rodzaje mechanizmów samooczyszczania: 1) sedymentacja, osadzanie zawieszin na dnie i przykrywanie ich z czasem substancjami mineralnymi; 2) włączenie się organicznej substancji ściekowej do łańcucha odżywczego w wodach i w ten sposób gruntowna zmiana jej składu chemicznego, w sensie związania ich w ciałach roślin i zwierząt.

Szczególnie interesujące i dziś jeszcze nie w pełni poznane są procesy drugiej grupy. Substancje stałe (detrytus) mogą być pobierane bezpośrednio jako pokarm przez zwierzęta (detrytokonsumentów). Substancje łatwo rozpuszczalne i rozpuszczone bywają usuwane na drodze mikrobiologicznej. Jest rzeczą znaną, że dopływ ścieków powoduje ogromny wzrost ilości bakterii w wodzie. O ile w wodzie czystej liczy się setki bakterii w 1 ml, o tyle po dopływie ścieków ilość ich wzrasta do miliardów. Charakterystyczne jest jednak, że owe duże ilości bakterii w bardzo krótkim czasie znikają z wody. Czynne są tu zapewne różne mechanizmy. Należy do nich sedymentacja, działająca tym wydatniej, im woda wolniej płynie. Komórki bakterii po wyczerpaniu odpowiednich, a specyficznych dla każdego gatunku substancji odżywczych opadają na dno lub skupiają się z cząstkami detrytusu w kłaczkowate skupienia i w ten sposób bywają wytrącane z wody. Działają tu również zjadacze bakterii: ameby, wiciowce i orzęski. Obliczono np., że jeden osobnik *Carchesium spectabile* zjada w ciągu godziny ok. 30 000 komórek bakterii. Jest to orzęsek żyjący w koloniach zawierających nieraz po kilka tysięcy osobników. Łatwo sobie więc wyobrazić jak wiele bakterii niszczy taka kolonia. Do wydatnego zmniejszania się ilości bakterii przyczyniają się również miksobakterie i bakteriofagi. Stwierdzono, że oznaczenie ilości bakteriofagów w wodzie daje wyraźne wskazówki o poziomie jej zanieczyszczenia, koresponduje bowiem z ilością bakterii. Do eliminacji bakterii przyczyniają się także glony, szczególnie sinice wydzielające substancje hamujące rozwój bakterii.

Jednakże bakterie spełniły już swoją rolę w wodzie zanieczyszczonej, zanim wspomniane wyżej mechanizmy zdołały je wyeliminować. W procesach własnej przemiany materii, dzięki enzymom wydzielanym do środowiska, zdążyły bakterie rozłożyć skomplikowane związki białek, węglowodanów i tłuszczów na składniki prostsze, które bywają znów wykorzystywane przez inne ugrupowania organizmów. Gdy więc białka ulegną denaturacji do aminokwasów, następuje faza maksymalnego rozwoju grzybów ściekowych. W końcu dochodzi do całkowitej

mineralizacji materii organicznej dopływającej ze ściekami, do uwolnienia azotanów, fosforanów, dwutlenku węgla, które z kolei przedstawiają materiał pożywkowy do intensywnego rozwoju glonów. Na pośrednim etapie oczyszczania spotykamy się więc często z tak zwanymi zakwitami glonów, które rozwijają się tak licznie, że woda przybiera barwę zieloną, żółtą lub czerwoną, zależnie od barwy glonu, który się masowo rozwijał. Zakwity pociągają za sobą najczęściej tak zwane wtórne zanieczyszczenie wody. Podobnie jak bakterie, są one szybko likwidowane w wyniku wyczerpywania ze środowiska soli pokarmowych i równocześnie produkowania i wydzielania do środowiska ciał aktywnych, które przy odpowiedniej koncentracji powodują blokadę rozmnażania się glonu tworzącego zakwit, a następnie szybkie jego obumieranie. W mechanizmie likwidacji glonów, obok ich samozatrutowania się, dużą rolę odgrywają grzyby pasożytnicze, które zawsze rozwijają się licznie, gdy populacja glonów osiągnie górny pułap rozwoju. Ogromne masy obumierających nagle glonów pokrywają dno zbiornika wodnego i w czasie szybkiego rozkładu stają się przyczyną zaniku tlenu, wzrostu barwy wody, powstania nieprzyjemnego zapachu i oczywiście wzrostu ilości bakterii. Następstwem tych zjawisk bywa często śnięcie ryb oraz duże trudności, często wręcz niemożliwość oczyszczania wody w zakładach wodociagowych. Oczywiście zakwity przedłużają drogę, na jakiej woda w rzece się oczyszcza. Są one szczególnie groźne w zbiornikach zaporowych budowanych na rzekach w celu magazynowania wody dla wodociągów. Są również uciążliwe w jeziorach, gdzie psują prawidłową gospodarkę rybacką, jak również estetyczne walory jeziora. Najmniej szkodliwe są w rzekach o dużym przepływie wody.

Ostatecznie jednak po upływie pewnego czasu następuje na określonej przestrzeni rzeki zlikwidowanie materii organicznej doprowadzonej przez dopływ ścieków oraz powstałej jeszcze niekiedy dodatkowo wskutek zakwitów glonów. Powstaje więc sytuacja umożliwiająca powrót zbiorowisk organizmów charakterystycznych dla rzeki niezanieczyszczonej. Przestrzeń i czas oczyszczania zależy od ilości doprowadzanych ścieków, rodzaju ścieków, wielkości przepływu wody w rzece, morfologii koryta rzeki, temperatury (zima, lato). Proces jest zatem skomplikowany, zarówno wskutek dużej ilości warunkujących go czynników środowiskowych, jak wskutek bardzo zawiłych procesów biologicznych, towarzyszących hydrolizie, redukcji i oksydacji materii organicznej. Ilościowe zbadanie całego mechanizmu samooczyszczania jest bardzo trudne. Dużą rolę może tu odegrać gruntowna znajomość biologii poszczególnych gatunków, populacji i zespołów organizmów zaangażowanych aktywnie w procesie oczyszczania oraz warunków, w jakich ta czynność przebiega optymalnie.

Do scharakteryzowania procesu samooczyszczania zaproponował Wuhrmann (1966) proste równania, za pomocą których można obliczyć wielkość i szybkość samooczyszczania oraz specyficzny udział biomasy w tym procesie. Niezbędna jest przy tym znajomość następujących parametrów:

Odpływ wody w rzece — Q , w l/sek.

Koncentracja ścieków w miejscu dopływu — C_0 , w mol/l

Koncentracja zanieczyszczenia na końcu badanego odcinka rzeki — C_u , w mol/l

Czas przepływu wody na badanym odcinku — t , w sek.

Wielkość biomasy na badanym odcinku rzeki — G , w g

Biomasa organizmów osiadłych — g' , w g/m²

Biomasa sestonu — g'' , w g/l

Przekrój dna pokrytego wodą — P , w m

Szybkość prądu — V , w m/sek

Uwzględniając powyższe parametry możemy ułożyć równania:

$$1) S_m = Q(C_o - C_u) \text{ mol/sek}$$

Równanie to oznaczać będzie wielkość samoooczyszczania, czyli zmniejszającą się ilość substancji ściekowej na danym odcinku rzeki, oczywiście jeśli na tym odcinku nie będą dopływać inne ścieki.

$$2) S_r = \frac{C_o - C_u}{t} \text{ mol/sek}$$

Oznacza szybkość samoooczyszczania, czyli zmniejszania się substancji ściekowej w jednostce czasu.

$$3) S_e = \frac{Q(C_o - C_u)}{t(g' \cdot P \cdot V + g'' \cdot Q)} \text{ mol/g} \cdot \text{sek}$$

Oznacza specyficzny udział biomasy w samoooczyszczaniu, a więc czynność biomasy pozostającej pod wpływem przepływającej zanieczyszczonej wody na danym odcinku rzeki.

Wielkość określona ostatnim równaniem jest najistotniejsza dla procesu samoooczyszczania, ale zarazem najtrudniejsza do wyliczania, opiera się bowiem na bardzo żmudnym i zawsze raczej tylko przybliżonym oznaczeniu wielkości biomasy danego odcinka rzeki. Biomasa zaś jest w procesie oczyszczania czynnikiem podstawowym, ona bowiem przez kontakt z wodą obciążoną ściekami powoduje procesy dające w ostatecznym rezultacie mineralizację zanieczyszczającej materii organicznej. Niemniej równanie S_e , określające ilościowo czynność biomasy, jest z ekologicznego punktu patrzenia bardzo ważne. Czynność ta, którą można również określić jako zużywanie lub eliminowanie ściekowej materii, jest zależna od wielu czynników, jak np. od chemizmu i koncentracji ścieków, chemizmu wody odbiornika, temperatury, natlenienia wody, światła, rozmieszczenia i ilości aktywnej biomasy (organizmów rozwijających się i rosnących na badanym odcinku rzeki), czasu kontaktowania się biomasy z przepływającą wodą, a w końcu od czynników środowiska zewnętrznego i wewnętrznego, pobudzających lub hamujących rozwój i wzrost populacji i biocenoz.

Mnogość czynników wpływających na działalność organizmów w procesie oczyszczania sprawia, że efekt ich pracy może być na dzisiejszym etapie badań ujęty raczej globalnie i określony bądź równaniem S_r , oznaczającym spadek koncentracji ścieków z upływem czasu, bądź też równaniem S_m , przedstawiającym ogólne zmniejszenie się substancji ściekowej przy końcu badanego odcinka rzeki. Te dwa ostatnie równania, jakkolwiek dla praktyki oceny i kontroli postępu oczyszczania ważne, związane są jednak ściśle z równaniem S_e , które, oznaczając zmiany, jakie następują pod wpływem organizmów w ładunku ścieków prze-

plywających przez badany odcinek rzeki, przyczyniają się równocześnie do zrozumienia mechanizmu samooczyszczania.

Oznaczając ilościowo ogólny efekt samooczyszczania w czasie i w przestrzeni (równania S_m i S_r) nie przyczyniamy się do zrozumienia mechanizmów tego procesu, nie umiemy bowiem dostatecznie ściśle określić roli, jaką spełniają w eliminacji zanieczyszczeń populacje i zespoły organizmów.

To niesłychanie ważne zagadnienie czeka na biologów, nie zawsze jednak jest przez nich doceniane. Biologowie niezbyt chętnie składają się do rozwiązywania problemu zanieczyszczenia wód i dobrzy specjaliści wynajdują sobie raczej inne dziedziny badań. Ci znowu którzy nie mają obaw przed podejmowaniem badań stosowanych, mają raczej ograniczone możliwości prowadzenia ich w sposób wszechstronny i ścisły, wymaga to bowiem z jednej strony gruntownej znajomości flory i fauny wodnej, z drugiej metod laboratoryjnego i terenowego eksperymentowania. Badania biologiczne nie są jeszcze dostatecznie rozumiane i popierane przez technologów i hydrologów oraz przez instytucje służące gospodarce i ochronie wód. Biolog w takich instytucjach, z reguły zawsze „wszechnauk” (to znacząco obowiązany znać mikrobiologię, botanikę, zoologię, a także biochemię i fizjologię organizmów wodnych — co jest oczywistym nonsensem), zajmuje zawsze jakieś tam końcowe miejsce, poza chemikami i technologami, choć ma niewątpliwie trudniejsze niż oni zadanie. Organizm żywy nie jest bowiem związkiem chemicznym i nie da się formować za pomocą wzorów matematycznych, komputerów lub cyrkla czy linijki. Organizmy pracować mogą wydajnie w procesie oczyszczania wody jedynie wtedy, gdy znajdują się w odpowiadającym im środowisku. Technologowie i hydrologowie mogą stworzyć takie środowisko jedynie we współpracy z biologami, jeśli ci na podstawie ścisłych badań znają wymagania organizmów względem środowiska i ich reakcje na zmiany środowiska. W praktyce gospodarowania wodą utarło się stosowanie uproszczonych ocen biologicznych zanieczyszczenia i oczyszczania wody. Metody takie można stosować w nadzorowaniu czystości wód, lecz nie mogą one stanowić wystarczającej podstawy do projektowania regulacji koryta i przepływów wody ułatwiających samooczyszczanie się rzek, a tym bardziej urządzeń oczyszczających ścieki.

Znajomość biologii organizmów decydujących o jakości wody jest konieczna. Niezbędne jest poznanie roli gatunków i populacji oraz zbiorowisk, jak również warunków, w jakich udział ich w oczyszczaniu wody jest najkorzystniejszy. Intensywność użytkowania wszystkich niemal wód na świecie stale wzrasta i będzie wzrastać, lecz ilość wody przypadająca na głowę mieszkańca stale maleje (ilość wody na świecie jest stała, liczba ludności natomiast stale wzrasta). Nawet jeśli wszystkie ścieki będą oczyszczane, problem zmian i zanieczyszczenia w wodach naturalnych będzie istniał. Doświadczenie uczy, że czynne od przeszło 60 lat oczyszczalnie ścieków w Europie i Ameryce przyczyniły się w ogromnym stopniu w czasie swej działalności do zeutrofizowania wód naturalnych i w rezultacie do zmiany na niekorzyść ich naturalnych zespołów roślinnych i zwierzęcych. Przy projektowaniu i budowie oczyszczalni nie prze-myślano więc sprawy do końca, technika bez dostatecznej znajomości biologii nie mogła ani rozwiązać w pełni problemu ścieków, ani też przewidzieć następstw, jakie spowodują w rzekach odpływy z oczyszczalni,

oceniane jedynie za pomocą spadków BZT (biochemicznego zapotrzebowania tlenu). Brakło zrozumienia roli organizmów w środowisku i odwrotnie — jak odbijają się na organizmach i ich zespołach zmiany w środowisku spowodowane gospodarką ściekową. Jeśli dobrze funkcjonująca oczyszczalnia likwiduje ścieki w 95%, to jeszcze 5% odpływające swobodnie do wód publicznych może z biegiem lat spowodować w nich tak duże zmiany, że nie tylko wytworzą się inne zespoły organizmów, inne populacje ryb, ale również woda nie będzie się nadawać do użytku gospodarczego, nie mówiąc już o walorach rekreacyjnych i estetycznych. Wszystkie kraje rozwinięte, o wysokiej cywilizacji, odczuwają to dziś już bardzo wyraźnie.

Biologia wód zanieczyszczonych jest częścią biologii środowiska człowieka. Trzeba więc przewidzieć taki program użytkowania wód, aby ich nie niszczyć, aby zachować ich walory ekonomiczne i estetyczne, biorąc pod uwagę również przyszłość następnych pokoleń ludzkich. Wszelkie programy będą tylko wówczas realne, gdy będą oparte na gruntownej znajomości biologii środowisk wodnych. Przyszłość problemu zanieczyszczenia i oczyszczania się wód zależeć będzie niewątpliwie od biologów pracujących zgodnie z technologiami. Zależać będzie przede wszystkim od młodych biologów, którzy będą się w tym kierunku specjalnie kształcić i uzyskają poparcie społeczeństwa dla podejmowanych badań specjalnych. Muszę w tym miejscu wspomnieć, że nie kształciło się u nas do tej pory biologów do zadań ochrony wód i oczyszczania ścieków. Ci zaś, którzy podjęli pracę w tej dziedzinie, skazani byli na dokształcanie się, najczęściej drogą samouctwa. Równocześnie pragnę wyrazić radość, że w ostatnim roku powstał przy WSR w Olsztynie Wydział Rybactwa i Ochrony Wód. Widzę w tym bowiem zapowiedź postępu w dziedzinie biologii wód zanieczyszczonych.

Trudność ilościowego ujęcia całej biocenozy, potrzebnego do oceny jej roli w procesie samoooczyszczania, prowadzi do pewnych uproszczeń. I tak Wuhrmann i inni oceniali biomasę przez stratę po prażeniu przy 650° ilościowych prób sestonu i bentosu. W osobnym doświadczeniu porównywali oni eliminację określonych porcji glukozy dodawanych do wody przepływającej w sztucznych kanałach, zawierających dobrze wykształcone biocenozy wyłącznie lub prawie wyłącznie heterotroficzne i wyłącznie autotroficzne, a mianowicie: 1) *Sphaerotilus* w masowym rozwoju i nieliczne młode plechy *Vaucheria* i okrzemki; 2) *Cladophora*, *Vaucheria* porośnięte obficie plechami *Sphaerotilus* oraz okrzemki; 3) kępy mchów (*Hydroambystegium*), *Batrachospermum moniliforme* i okrzemki. Wynikiem było interesujące stwierdzenie, że glukoza ulega rozkładowi w obecności biocenoz zarówno heterotroficznych, jak i autotroficznych, w tym jednak ostatnim przypadku w nieco słabszym stopniu. Inne doświadczenia potwierdziły te dane i dowiodły, że różne substancje organiczne mogą być eliminowane przez organizmy heterotroficzne i autotroficzne. Zatem także w wodach oligotroficznych, czyli, praktycznie biorąc, czystych, glony mogą asymilować obce substancje organiczne. Jak dotąd jednak, zdolność do miksotrofizmu u glonów jest mało znana; występuje ona, jak się wydaje znacznie częściej niż się przypuszcza. Glony mogą więc spełniać dużą rolę w eliminacji związków azotowych z wody, co należałoby w pełni wykorzystać. I znowu badania w tym kierunku są nader skromne, choć tak potrzebne, przede wszystkim dla akcji tak zwanego III stopnia oczyszczania ścieków, zapobiegającego za-

kwitom i eutrofizacji wód. Przy samooczyszczaniu czynne są szczególnie poroślowe zbiorowiska glonów (peryfiton).

Interesującą rzeczą jest przystosowywanie się zbiorowisk do zmienionych warunków środowiska. Pod wpływem zmian zachodzących w środowisku z przyczyn naturalnych lub na skutek gospodarki ludzkiej może nastąpić większa lub mniejsza zmiana składu gatunkowego, zmiana dominacji gatunków lub zmiana całych zbiorowisk. Ciekawe jest, że zbiorowiska wodne bardziej ustabilizowane, tak zwane klimaksowe, pozostające w pewnym zrównoważonym układzie wewnętrznym, opierają się w dużym stopniu zmianom adaptacyjnym. Zbiorowiska mikrofitów można więc traktować do pewnego stopnia jako organizm wielokomórkowy, którego poszczególne komórki-osobniki nie tylko pełnią rozmaite funkcje w zespole, lecz mogą również — przeciwnie niż u właściwych organizmów wielokomórkowych — indywidualnie reagować na czynniki otoczenia.

Adaptacja całych zbiorowisk do zmian w środowisku ujawnia się w różny sposób. Może więc zespół pozostać niezmieniony przy zmianie czynników otoczenia, gdy tworzą go gatunki eurytopowe, mające możliwość rozwijania się w dużej skali czynników środowiskowych. Może tak być, że tylko niektóre gatunki przystosowują się do zmienionych warunków, dzięki czemu dochodzi do zmiany dominacji w zespole, lub nawet częściowego wyeliminowania jego mniej odpornych składników, czyli do zubożenia zespołu. Może wreszcie nastąpić dobór mutacyjny, gdy wykształciła się na drodze mutacyjnej nowa odmiana (lub gatunek) o szczególnych cechach adaptatywnych. W tym przypadku bezwzględna dominacja nowej formy może pociągnąć za sobą gruntowną przebudowę struktury gatunkowej zbiorowiska.

Zespoły jako całości mają więc szersze możliwości przystosowywania się do zmiany czynników ekologicznych w środowisku niż pojedyncze gatunki i dlatego tylko pod wpływem bardziej drastycznej zmiany, wywołanej np. dużą ilością ścieków, ulegają przebudowie lub całkowitej zagładzie. Fakt ten stał się przyczyną znanych z praktyki trudności klasyfikowania stopni zanieczyszczenia rzek według zbiorowisk organizmów. Na gruncie dzisiejszej znajomości rzeczy można tylko w skrajnych przypadkach podać pewną ocenę stopnia zanieczyszczenia. Wręcz odmienne zbiorowiska występują zatem przy dużym obciążeniu rzeki ściekami i w wodzie już praktycznie czystej, przed dopływem ścieków lub po ich całkowitej likwidacji. We wszystkich stopniach pośrednich jedynie wprawny biolog, doskonale obeznany z fito- i zoocenozami badanej rzeki, może odkryć i ocenić wielkość zmian w środowisku według struktury i wykształcenia biocenozy.

Zespoły organizmów wodnych są jeszcze mało znane i niewiele wiadomo, jak dalece wymienione poprzednio mechanizmy adaptacji zespołów zależą przyczynowo od zmian środowiska. Wiadomości o fizjologii gatunków tworzących zespoły wodne są nader skromne, a jeszcze mniej zbadane są dane synekologiczne. Badanie zespołów organizmów wodnych napotyka znacznie większe trudności niż badanie zespołów lądowych. Nie zostały jeszcze dotąd opracowane takie metody opisywania zespołów w wodach, które by nie budziły zastrzeżeń i mogły być powszechnie stosowane. Wchodzi tu bowiem w grę dwa różne rodzaje czynności: zbieranie prób i mikroskopowanie. Obie te czynności mogą być źródłem poważnych błędów przy opisywaniu zespołów. Zagadnienie jest jednak

ważne, bowiem zespoły organizmów zajmują co najmniej 2/3 obszaru wód i mają podstawowe znaczenie dla oceny czystości wód, dla samoooczyszczania i dla kontroli przebiegu oczyszczania ścieków w oczyszczalniach biologicznych.

Na reakcje zespołu wielogatunkowego wobec zmieniających się warunków w środowisku wpływa szereg czynników, które badane oddzielnie w doświadczeniach laboratoryjnych z reguły nie dają zgodnych wyników z reakcjami zespołów jako całości. Skład zespołów wodnych określają związki pomiędzy warunkami środowiska z jednej strony, a partnerami zespołu z drugiej, przy czym ci ostatni pozostają jeszcze pomiędzy sobą w dodatkowych stosunkach zależności w postaci współzawodnictwa pokarmowego i współoddziaływania chemicznego. Przystosowywanie się wykształconych zespołów do zmian pojedynczych czynników otoczenia nie polega na przestawieniu przemiany materii pojedynczych gatunków, lecz zależne jest od różnorodności typów fizjologicznych, jakie prezentują różne gatunki wchodzące w skład danej biocenozy.

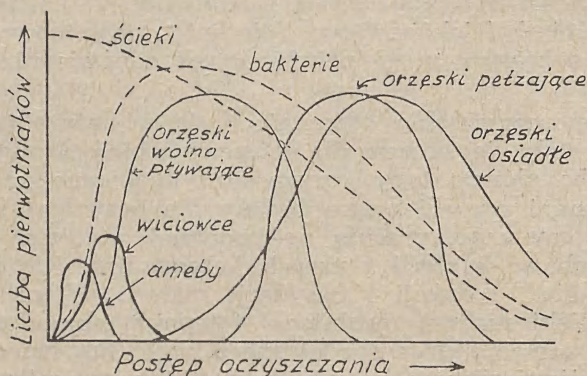
Istnieje szereg przykładów przystosowywania się zespołów do zmienionych warunków w środowisku. Przytoczę tu jednak tylko interesujące doświadczenie Ettingera i współpracowników (1954) nad biologiczną odbudową syntetycznych związków pirydyny. Związki te dodane do wody zawierającej naturalną biocenozę dopiero po kilku dniach ulegały rozkładowi. Jeśli jednak do tej samej wody dodawano nowe porcje pirydyny, wówczas w krótkim czasie następowało jej utlenianie. Wyjaśnia się to przystosowaniem się biocenozy do nowych warunków. Mikroorganizmy zdolne do rozkładania związków pirydynowych znajdowały się w wodzie początkowo w małej ilości, z czasem jednak przy obfitości substratu wyselekcjonowały się i powodowały szybkie utlenianie tych związków.

Przystosowywanie się biocenoz wodnych do zmienionych warunków jest zjawiskiem ogólnym i odnosi się do różnych czynników chemicznych, termicznych i hydrologicznych. Znanе ono jest najlepiej w sztucznych oczyszczalniach ścieków. Oczywiście każde przystosowanie ma określone granice, o których mogą poinformować odpowiednie badania biologiczne.

Procesy samoooczyszczania odbywające się w naturalnych środowiskach wodnych stały się wzorem dla sztucznych biologicznych oczyszczalni ścieków. Oba główne typy oczyszczalni budowane powszechnie, tj. złoża biologiczne i napowietrzane baseny dla oczyszczania ścieków za pomocą osadu czynnego, pracują na podobnej zasadzie. Wykorzystują mianowicie zdolność bakterii i innych heterotroficznych mikroorganizmów do hydrolizy, redukcji i oksydacji materii organicznej zawartej w ściekach. Ścieki surowe, uwolnione wstępnym oczyszczeniem od zawiesin stałych, zraszają złoża zbudowane z koksu lub żwiru. Na elementach złoża rozwija się śluzowaty nalot bakterii i innych mikroorganizmów, zwany błoną biologiczną. Rozpuszczone substancje organiczne zawarte w wodzie przeciekającej przez złożo po zetknięciu się z błoną biologiczną ulegają redukcji i oksydacji. Przewietrzane baseny do osadu czynnego różnią się od złoży zraszanych tym, że błona biologiczna jest w nich reprezentowana przez kłaczki zawiesziny, zawierającej skupiska bakterii i pierwotniaków, utrzymywane w ciągłym ruchu przez napowietrzanie wody. Oczyszczanie odbywa się w dwóch fazach: w pierwszej następuje szybki rozkład związków azotowych do amoniaku, w drugiej — utlenia-

nie azotu amonowego na azotany. Zaraz po zmieszaniu ścieków surowych z osadem czynnym następują znaczne zmiany. Po ok. 30 minutach utlenialność spada o ok. 50%, azot białkowy redukuje się do ok. 47%. Ścieki klarują się znacznie na skutek koagulacji substancji koloidalnych oraz tracą zapach. Czas trwania pierwszej fazy zależy od wielkości przewietrzania (ilości włączanego do basenu powietrza) i może być zakończony w ciągu 1—8 godzin. W drugiej fazie, trwającej jeszcze krócej, następuje daleko idąca mineralizacja, zwiększa się przezroczystość wody i zmniejsza się wydatnie ilość bakterii. Oczyszczone ścieki przepływają wraz z osadem do osobnych basenów, gdzie osad opada na dno, a sklarowana ciecz odpływa do odbiornika (do rzeki) jako ścieki oczyszczone. Zawierają one jednak bardzo duże ilości przede wszystkim związków azotowych i fosforowych, dostępnych dla roślin. Dlatego też w odbiorniku oczyszczanie odbywa się nadal za pośrednictwem glonów i innych roślin wodnych. W warunkach małego przepływu wody w rzece lub w mniejszych jeziorach mogą z przyczyny stałego dopływu wody z oczyszczalni wystąpić zakwity glonów i wtórne zanieczyszczenie.

W czasie oczyszczania ścieków za pomocą osadu czynnego występują w basenach charakterystyczne zmiany zbiorowisk organizmów. Zmiany te przedstawione są schematycznie na rysunku 2. Widzimy więc kilka następujących po sobie maksimów rozwoju bakterii, ameb, wiciowców oraz orzęsków. Te ostatnie są dla osadu czynnego nader charakterystyczne i występują w trzech grupach, z których każda ma nieco przesunięte w czasie maksimum. Najpierw więc pojawiają się formy wolno pływające, żywiące się bakteriami nie uformowanymi jeszcze w większe kłaczki, potem rojące się na skupiskach kłaczek i w końcu osiadłe na nich. Te ostatnie wykształcają się już w ostatnim stadium oczyszczania, głównie w basenach wtórnych, i przyczyniają się wydatnie do klarowania się cieczy, zwiększają bowiem dzięki własnemu ciężarowi szybkość opadania kłaczek osadu czynnego.



Rys. 2. Schematyczny obraz zmian ilości bakterii i pierwotniaków w czasie oczyszczania ścieków za pomocą osadu czynnego (według Hawkesa, 1963)

Zilustrowane zmiany organizmów w czasie oczyszczania ścieków osadem czynnym odpowiadają pierwszej i częściowo drugiej fazy samooczyszczania się rzeki, przedstawionej na rysunku 1. Oba procesy — w sztucznej oczyszczalni i w rzece — mają w zasadzie podobny prze-

bieg. Jednakże to, co odbywa się w rzece przez szereg dni i na przestrzeni wielu kilometrów, w oczyszczalni trwa kilka godzin. O ile np. odbudowa materii organicznej do zmniejszenia się BZT o 90% trwa w rzece ok. 10 dni, o tyle w oczyszczalni, w niewielkich basenach, to samo zmniejszenie uzyskuje się w ciągu 3—10 godzin.

Oczyszczalnie ścieków mają więc ogromne zalety i zdolne są zabezpieczyć rzeki przed zanieczyszczeniem, oczywiście pod warunkiem, że będą w pełni sprawne. Ale przy stosowanych dziś sposobach nie są w stanie zabezpieczyć rzek przed postępującą eutrofizacją. Okazało się, że stałe doprowadzanie niewielkich ilości nie w pełni oczyszczonych ścieków (żadna oczyszczalnia nie oczyszcza w 100%) oraz związków azotowych i fosforowych do wód publicznych powoduje kumulację w nich tych substancji i w końcu tak duże zanieczyszczenie, że woda nie nadaje się do użytku w gospodarstwach domowych i w przemyśle. Stan taki przeżywa obecnie niemal cała Europa Zachodnia i Środkowa oraz duże obszary Stanów Zjednoczonych Ameryki, w których oczyszczalnie pracują już ok. 60 lat. Trzeba było zatem aż tylu lat, aby się przekonać, że urządzenia techniczne dobrze pracujących oczyszczalni to jeszcze nie wszystko. Trzeba też na przyszłość pamiętać, że technika bez gruntownych badań biologicznych nie będzie w stanie zabezpieczyć wód publicznych przed zanieczyszczeniem. Trzeba o tym tym bardziej pamiętać, że ze wzrostem populacji ludzkiej wzrastać będą wszystkie rodzaje ścieków, a zatem rolnicze, miejskie i przemysłowe.

Należy jednak zwrócić uwagę na jeden jeszcze aspekt oczyszczania ścieków. To, co się dziś w tej dziedzinie robi, jest doprowadzeniem do maksimum procesów redukcji i oksydacji, praktycznie natomiast nie istnieje synteza biologiczna produktów gospodarczo użytecznych. Nie wykorzystuje się zatem bogatych w energię związków uwalnianych przy oczyszczaniu ścieków. Następuje tylko ciągle niszczenie ogromnych organicznych i nieorganicznych zasobów materii, energii i ciepła, przy czym równocześnie mówi się o nieekonomiczności oczyszczania ścieków. Trudno sobie taki stan wyobrazić na przyszłość, gdy świat już dziś przejawia troskę o przyszłe źródła energii i pokarmów. Trudno zadowolić się tym, że unika się tylko za pośrednictwem oczyszczalni zniszczenia wód przez ścieki. I znowu w tym doniosłym, już ekonomicznym problemie otwiera się przede wszystkim przed biologami szeroka droga.

LITERATURA

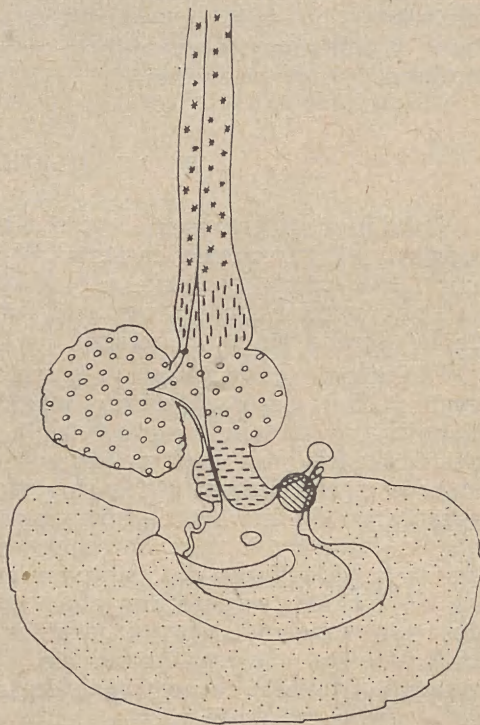
- [1] Ettinger M. B., Lishka R. J., Kroner R. C. — *Persistence of pyridine bases in polluted water*, Ind. Eng. Chem., 46, 791—793, 1954.
- [2] Hawkes H. A. — *The ecology of water treatment*, Pergamon Press, Oxford, IX+203, 1963.
- [3] Hynes H. B. N. — *The biology of polluted waters*, Liverpool Univ. Press, VII+202, 1960.
- [4] Wuhrmann K., Eichenberger E., Kränenbühl H. R., Ruchti J. — *Modelluntersuchungen über die Selbstreinigung in Fließgewässern*, Verh. IVL, 16, 897—905, 1966.

OŚRODKOWE MECHANIZMY TERMOREGULACJI U ZWIERZĄT STAŁOCIEPLNYCH

Ciepłota ciała bezkręgowców oraz niższych kręgowców — ryb, płazów i gadów — jest warunkowana temperaturą otaczającego środowiska. Z tej zależności wynikają okresowe zahamowania aktywności biologicznej zwierząt zmiennocieplnych, związane z rocznym rytmem wahań temperatury.

Wykształcenie w trakcie rozwoju filogenetycznego zdolności do utrzymywania ciepłoty ciała na względnie stałym poziomie uniezależniło w dużym stopniu wyższe kręgowce — ptaki i ssaki od temperatury środowiska. Zasadniczą przewagą zwierząt stałocieplnych nad zmiennocieplnymi jest więc możliwość utrzymywania aktywności biologicznej na jednakowym poziomie przez cały okres życia osobnika.

Mechanizm regulujący temperaturę wewnętrzną ustroju powstał w trakcie ewolucji ośrodkowego układu nerwowego. U zwierząt stałocieplnych jest więc możliwość utrzymywania aktywności biologicznej na jednakowym poziomie przez cały okres życia osobnika.



Rys. 1. Schemat ośrodkowego układu nerwowego. Kresomózgowie oznaczono kropkami; międzymózgowie bez oznaczeń; śródmózgowie oznaczono kreskami poziomymi; tyłomózgowie oznaczono kółkami; rdzeniomózgowie oznaczono kreskami pionowymi; rdzeń kręgowy oznaczono gwiazdkami; obszar zajmowany przez podwzgórze oznaczono zakreślonym kółkiem

ciepłych, a zwłaszcza u ssaków, przednia część tego układu — mózgowie — osiągnęła znaczny stopień rozwoju. Podwzgórze, stanowiące anatomicznie dolną część międzymózgowia (rys. 1), jest u wyższych kręgowców strukturą odpowiedzialną za regulację wielu funkcji ustroju, pozwalających zachować stałe środowisko wewnętrzne. W regulacji temperatury wewnętrznej organizmu rola podwzgórza jest szczególnie istotna.

Określenie temperatury wewnętrznej wyższych kręgowców jako względnie stałej wynika z obserwacji pewnych jej fizjologicznych wahań. Są to wahania związane m.in. z wiekiem i aktywnością ruchową osobnika (np. u człowieka w czasie wykonywania ciężkiej pracy fizycznej temperatura wzrasta o 2—3°C) oraz z dobowym rytmem snu i czuwania (zmiany od 0,5 do 1°C).

W niektórych sytuacjach ciepłota ciała przekracza jednak dopuszczalne granice fizjologiczne. Dzieje się tak na przykład wtedy, gdy temperatura otoczenia wykracza poza wartości krytyczne, tj. takie, przy których natężenie reakcji termoregulacyjnych jest maksymalne. Dochodzi w tych warunkach do przegrzania (hipertermii) lub oziębienia (hipotermii) ustroju, co w wypadku dłuższego utrzymywania się któregoś z tych stanów może doprowadzić do śmierci organizmu.

Ciała gorączkotwórcze ((pyrogeny) oraz ogólnie znieczulające środki farmakologiczne również upośledzają mechanizm termoregulacji. Pierwsze z wymienionych czynników wywołują wzrost, drugie — obniżenie temperatury wewnętrznej.

REAKCJE TERMOREGULACYJNE

Zasadniczym procesem dostarczającym ustrojowi energii cieplnej jest podstawowa przemiana materii. W środowisku o neutralnej temperaturze ilość ciepła powstającego w toku tej przemiany zabezpiecza prawidłowy przebieg podstawowych funkcji organizmu i jest równa ilości ciepła eliminowanego z ustroju.

W niskiej temperaturze otoczenia następuje uruchomienie dodatkowych źródeł ciepła. Wzrasta napięcie mięśni, zwiększa się aktywność ruchowa, wyzwolone zostaje drżenie mięśniowe. Ostatni z wymienionych mechanizmów nosi nazwę termogenezy drżeniowej. Ustrój dysponuje ponadto mechanizmem zwiększającym ilość wytwarzanego ciepła poprzez wyrzucanie do krwi związków nasilających przemianę materii — hormonów tarczycy i amin katecholowych. Mechanizm ten, zwany termogenezą bezdrżeniową, ma istotne znaczenie w procesie adaptacji organizmu do niskiej temperatury otoczenia. Ponadto w niskiej temperaturze otoczenia zwierzęta przyjmują skuloną pozycję ciała, ich okrywa włosowa (sierść lub pióra) stroszy się, a naczynia krwionośne skóry ulegają zwężeniu. Reakcje te prowadzą do lepszej izolacji termicznej od otoczenia, a także redukują utratę ciepła wtórnie, poprzez obniżenie temperatury skóry i zmniejszenie różnicy temperatur między powierzchnią ciała a otoczeniem.

W środowisku o wysokiej temperaturze reakcje organizmu prowadzą do zwiększenia wydalania ciepła. Zwierzęta przyjmują w tych warunkach pozycję, dzięki której zwiększa się powierzchnia skóry kontaktująca się z otoczeniem, a ich aktywność ruchowa maleje. Następuje

rozszerzenie obwodowych naczyń krwionośnych, co dzięki wzrostowi temperatury skóry polepsza warunki eliminacji ciepła z ustroju. Najbardziej efektywną drogą wydalenia ciepła w gorącym otoczeniu jest parowanie wody — u człowieka z powierzchni skóry dzięki czynności gruczołów potowych, u zwierząt zaś głównie z błon śluzowych jamy ustnej i górnych dróg oddechowych (dyszenie).

TERMORECEPTORY OBWODOWE

Informacja o aktualnej temperaturze otoczenia dostarczana jest do ośrodkowego układu nerwowego przez wyspecjalizowane narządy odbiorcze — receptory zimna i ciepła. Morfologicznie są to wolne zakończenia włókien czuciowych unerwiających skórę oraz błony śluzowe jamy ustnej.

Energia cieplna bodźców działających na receptory temperatury zostaje w nich przetworzona na energię elektryczną impulsów nerwowych. Spadek temperatury otoczenia zwiększa częstotliwość wyładowań w receptorach zimna, jej wzrost natomiast aktywuje w ten sam sposób receptory ciepła.

Sygnały wyzwolone w receptorach skóry biegną włóknami czuciowymi do rdzenia kręgowego, następnie szlakami wstępującymi rdzenia do wzgórza (międzymózgowie), a stamtąd do okolic czuciowych kory mózgowej oraz do podwzgórza. Wrażenie zimna lub ciepła odbierane jest w momencie, gdy impulsy z receptorów osiągną najwyższy element drogi wstępującej — korę mózgową.

TERMODETEKTORY PODWZGÓRZA

Badanie funkcji centralnego układu nerwowego, a zwłaszcza jego roli w utrzymywaniu stałej temperatury wewnętrznej ustroju, pozwoliło częściowo wyjaśnić mechanizm działania termostatu biologicznego.

W pierwszych pracach doświadczalnych starano się odpowiedzieć na pytanie, czy istnieją w mózgowiu elementy wrażliwe na zmianę ich własnej temperatury, a jeśli tak, to gdzie są zlokalizowane. Doświadczenia, w których ogrzewano krew dopływającą do mózgu, pozostawiając bez zmian temperaturę otoczenia, dowiodły, że takie elementy istnieją (Kahn, 1904 — cyt. za Blighem, 1966). Reakcją zwierzęcia na wzrost temperatury mózgowia było przyspieszenie oddechów i rozszerzenie obwodowych naczyń krwionośnych.

Pierwszych dokładniejszych danych na temat lokalizacji ośrodka kontrolującego ciepłotę ciała dostarczyło klasyczne doświadczenie z przecięciem mózgowia ku tyłowi od podwzgórza (Isenschmid, Krehl, 1912). Zabieg taki, wykonany u królików, całkowicie zniósł zdolność do utrzymania temperatury wewnętrznej na stałym poziomie. Zwierzęta stawały się zmiennoocieplne.

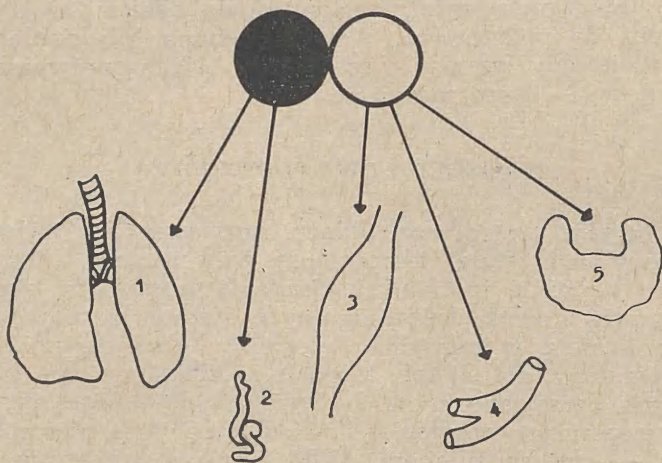
Keller (1933) udowodnił, że po zniszczeniu tylnej części podwzgórza zwierzę traci zdolność do utrzymania ciepłoty ciała na stałym poziomie w niskiej temperaturze otoczenia. Efektem zaburzeń termoregulacji jest w tych warunkach stan hipotermii ustroju. W wysokiej temperaturze otoczenia zwierzę zachowuje po takim zabiegu zdolność do utrzymywania stałej temperatury wewnętrznej. Uszkodzenie tylnej części pod-

wzgórza upośledza więc jedynie mechanizm wzrostu produkcji i konserwacji ciepła w środowisku o niskiej temperaturze.

W pięć lat później ukazała się praca Magouna i wsp. (1938), w której opisano po raz pierwszy metodę lokalnego ogrzewania przedniej części podwzgórza u zwierząt doświadczalnych przy pomocy wprowadzonych do czaszki elektrod. Praca ta zawierała — poza opisem metody — doniosłą obserwację: zwierzę reagowało na lokalny bodziec termiczny dyszeniem oraz zwiększonym wydzielaniem potu na opuszkach palców.

Na podstawie doświadczeń Kellera i Magouna sformułowano koncepcję o istnieniu dwóch przeciwstawnych ośrodków termoregulacji: produkcji i konserwacji ciepła w tylnej oraz utraty ciepła w przedniej części podwzgórza.

Z prac, które ukazały się w piśmiennictwie naukowym od tego czasu, wynika, że stosując lokalne ogrzewanie przedniej części podwzgórza można wywołać wszystkie reakcje termoregulacyjne wyzwalane w warunkach naturalnych w wysokiej temperaturze otoczenia: zmniejszenie aktywności ruchowej, rozszerzenie obwodowych naczyń krwionośnych, przyspieszenie i spłylenie oddechu (rys. 2). Oziębienie tej samej okolicy uruchamia naturalne mechanizmy prowadzące do wzrostu produkcji i zachowania ciepła — drżenie mięśni, wzrost tempa przemiany materii i zwężenie naczyń krwionośnych skóry.

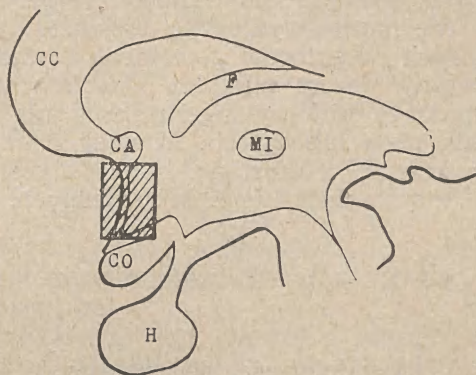


Rys. 2. Schemat podwzgórzowych ośrodków regulacji temperatury. Kółko czarne — ośrodek utraty ciepła; kółko białe — ośrodek produkcji i konserwacji ciepła; strzałki oznaczają wyzwolenie reakcji termoregulacyjnej w momencie pobudzenia danego ośrodka podwzgórza: 1 — układ oddechowy — dyszenie; 2 — gruczoły potowe — pobudzenie czynności; 3 — mięśnie — drżenie; 4 — naczynia krwionośne skóry — zwężenie; 5 — tarczyca — wyrzut hormonów

Opisane reakcje termoregulacyjne występują tylko wtedy, gdy termoda (miniaturowy przyrząd grzejący lub chłodzący) umieszczona jest ściśle w ośrodku utraty ciepła, w przedniej części podwzgórza i okolicy przedwzrostkowej (rys. 3). Ośrodek produkcji i konserwacji ciepła w tylnej części podwzgórza okazał się niewrażliwy na zmiany własnej temperatury.

Mechanizm zmian wywołanych ogrzewaniem ośrodka utraty ciepła pozostawał nie wyjaśniony do roku 1961, kiedy Nakayama i wsp. stwierdzili, że aktywność elektryczna neuronów przedniej części podwzgórza zmienia się w zależności od lokalnej temperatury. Tak na przykład podwyższeniu temperatury tego obszaru o $1,7^{\circ}\text{C}$ towarzyszyło podwojenie częstości impulsów. W dwie minuty po okresie maksymalnej częstotliwości wyładowań następowało znaczne przyspieszenie oddechów.

Rys. 3. Schemat lokalizacji termody. CC — ciało modzełowe, F — sklepienie, CA — spoidło przednie, MI — masa pośrednia wzgórza, CO — skrzyżowanie wzrokowe, H — przysadka; w prostokącie okolica przedwzrokowa i przednie podwzgórze — obszar zawierający skupiska detektorów temperatury



Praca opublikowana w dwa lata później przez Nakayamę i wsp. (1963) zawiera informację, że tylko 20% z ogólnej liczby przebadanych neuronów wykazywało cechy detektorów ciepła, pozostałe 80% nie reagowało na zmiany temperatury. W rok później Hardy i wsp. (1964) zakomunikowali o znalezieniu w przedniej okolicy podwzgórza neuronów o charakterze detektorów zimna. Reagowały one wzrostem częstości impulsów na lokalne oziębianie (podobnie jak obwodowe receptory zimna), były jednak bardzo nieliczne.

W roku 1969 Nakayama i Hardy znaleźli w tej samej okolicy neurony reagujące zmianą aktywności elektrycznej na spadek temperatury śródmózgowia (struktury leżącej ku tyłowi od podwzgórza), a Hellon (1969) zasygnalizował istnienie w przedniej części podwzgórza komórek wrażliwych na zmianę temperatury skóry.

Według przyjętych obecnie poglądów tylko przednia część podwzgórza i leżąca tuż przed nią okolica przedwzrokowa zawierają skupiska neuronów reagujących na zmiany własnej temperatury. Ostatnio ukazała się jednak praca (Edinger i Eisenman, 1970), w której opisano termodetektory w tylnej części podwzgórza, uważanej dotychczas za niewrażliwą. Są one, zdaniem autorów, mniej liczne niż termodetektory przedniej części podwzgórza.

TERMODETEKTORY RDZENIA KRĘGOWEGO

W roku 1961 ukazała się publikacja, która zapoczątkowała serię badań nad termorecepcją rdzeniową. Była to praca Hallwachsa i wsp., w której dowiedziono, że reakcje termoregulacyjne zachodzą także wówczas, gdy obniży się głęboką temperaturę ciała, mimo utrzymywania zarówno temperatury mózgu, jak i skóry na niezmiennym poziomie. W wyniku dalszych obserwacji stwierdzono, że kierunek reakcji wywo-

łanych bezpośrednią termiczną stymulacją rdzenia kręgowego jest taki sam jak przy stymulacji przedniej części podwzgórza, a więc oziębianie prowadzi do wzrostu produkcji, a ogrzewanie do wzrostu eliminacji ciepła (Simon i wsp., 1964; Jessen, 1967; Jessen i wsp., 1967).

Reakcja na stymulację termiczną podwzgórza nasila się przy jednocześnie i jednokierunkowej stymulacji rdzenia kręgowego, w wypadku jednak bodźców przeciwstawnych — dominuje podwzgórzowy ((Jessen i wsp., 1968; Guieu i Hardy, 1970).

Nie można wykluczyć udziału w termoregulacji jeszcze innych obwodowych detektorów głębokich. Rawson i wsp. ((1969) wywołali u owcy znaczny wzrost częstości oddechów w czasie ogrzewania wnętrza jamy brzusznej. Autorzy sugerują istnienie termodetektorów w głębokich tkankach ciała lub żyłach. Downey i wsp. (1964) wysuwali podobne przypuszczenie, lokalizując hipotetyczne detektory głębokie w sercu lub w dużych naczyniach krwionośnych.

WSPÓŁDZIAŁANIE TERMORECEPTORÓW SKÓRY I TERMODETEKTORÓW PODWZGÓRZA

Wydawałoby się, że znalezienie w podwzgórzu skupiska neuronów swoście reagujących na zmianę lokalnej temperatury powinno definitywnie rozstrzygnąć problem zarówno lokalizacji, jak i mechanizmu działania ośrodka termoregulacji. Wydawać by się dalej mogło, że lokalny bodziec termiczny, działający w warunkach doświadczalnych bezpośrednio na niewielki obszar międzymózgowia imituje działanie temperatury otoczenia na ustrój w warunkach naturalnych. Gdyby tak było, w wysokiej temperaturze otoczenia następowałby wzrost temperatury wewnętrznej, który, wykryty przez detektory podwzgórza, wyzwałaby reakcje korygujące jej odchylenie.

Z badań Hammela i wsp. (1963) wynika jednak, że zmiana temperatury otoczenia może uruchamiać reakcje termoregulacyjne bez zmiany temperatury podwzgórza. Autorzy umieszczali psy kolejno w temperaturach 27, 12 i 44°C i zaobserwowali, że wahania temperatury podwzgórza nie przekraczały 0,5°C, przy czym wahania te nie zawsze były jednokierunkowe ze zmianą temperatury otoczenia. Autorzy stwierdzili dalej, że reakcja zwierząt nie zależała od kierunku zmiany temperatury podwzgórza. Obserwowano nawet intensywne drżenie przy temperaturze podwzgórza o 0,3°C wyższej od tej, przy której pies energicznie dyszał.

Doświadczenia innych badaczy potwierdzają pogląd, że rozpatrując mechanizm działania biologicznego termostatu nie można przeceniać roli detektorów podwzgórzowych, pomijając jednocześnie inne istotne elementy tego układu. Efekt lokalnego ogrzewania czy oziębiania podwzgórza zależy w dużym stopniu od temperatury otoczenia. Termoregulacyjne dyszenie wywołać można drogą ogrzewania podwzgórza w neutralnej lub wysokiej temperaturze otoczenia — w zimnie nie uzyskuje się tego efektu.

Andersen i wsp. (1962) stwierdzili, że oziębianiu podwzgórza towarzyszyło drżenie mięśniowe jedynie w doświadczeniach przeprowadzanych w temperaturze otoczenia niższej niż 18°C. Drżenie to ustępowało, gdy temperatura krwi podniosła się do 41,5°C. Jeśli w czasie oziębiania podwzgórza w wyższej temperaturze otoczenia (23°C) wprowadzono bez-

pośrednio do żołądka zimną wodę — występowało intensywne drżenie. Doświadczenia te potwierdzają pogląd, że receptory obwodowe i ośrodkowe współuczestniczą w regulacji temperatury wewnętrznej ustroju.

Ingram i Whittow (1962) na podstawie przeprowadzonych badań sugerują, że termowrażliwość ośrodka podwzgórzowego nie odgrywa roli w szybkiej reakcji zwierzęcia na zmianę temperatury otoczenia. Działanie receptorów obwodowych, zdaniem Ingrama i Whittowa, zapobiega wzrostowi ciepłoty ciała, gdy natomiast detektory głębokie, m.in. podwzgórzowe, włączają się w momencie, gdy wzrost temperatury wewnętrznej już nastąpił.

Z badań przeprowadzonych na ludziach przez Colina i Houdas (1965) wynika, że reakcja na zmianę temperatury otoczenia może być cechą indywidualną osobnika. Autorzy badali reakcję gruczołów potowych na wzrost temperatury otoczenia. U niektórych badanych reakcja była natychmiastowa — jednoczesna ze wzrostem temperatury skóry, co przemawiałoby za jej odruchowym charakterem, u innych — reakcja gruczołów potowych była opóźniona o kilka minut i następowała po wzroście temperatury wewnętrznej, co wskazywałoby na ośrodkową kontrolę reakcji.

Bligh (1959) badając reakcję oddechową owiec na nagły wzrost temperatury otoczenia (od 20 do 42°C) stwierdził, że przyspieszenie oddechów może wyprzedzić wzrost temperatury krwi. W tej samej pracy autor opisał reakcję oddechową zwierząt zachodzącą wówczas, gdy zmiana temperatury dotyczyła wyłącznie wdychanego powietrza. Przemawiałoby to za istnieniem receptorów temperatury w błonach śluzowych górnych dróg oddechowych.

Znaczenie wpływu bodźców z receptorów obwodowych na termoregulacyjną reakcję oddechową potwierdza eksperyment Waitesa (1962). Autor ten wywoływał intensywne dyszenie u nieostrzyżonych tryków w czasie ogrzewania skóry moszny. W wyniku tej reakcji następował znaczny (o 2°C) spadek temperatury krwi. Mimo tego spadku, reakcja utrzymywała się nadal, dopóki działał obwodowy bodziec termiczny.

Von Euler (1964) reprezentuje nieco inny pogląd niż ten, który przytoczone wyżej doświadczenia mogłyby potwierdzać. Jego zdaniem struktury przedniej części podwzgórza spełniają podstawową rolę w procesach termoregulacji — rola obwodowych receptorów zimna i ciepła jest drugoplanowa — ich czynność nie wywiera zasadniczego wpływu na przebieg reakcji. Na poparcie tej tezy von Euler przytacza swe doświadczenie, w którym przez 2 godziny ogrzewał o ułamek stopnia przednią część podwzgórza. Wyzwolona w ten sposób reakcja dyszenia dawała w efekcie spadek temperatury wewnętrznej 8—10-krotnie przewyższający wzrost temperatury, który go wywołał. Doświadczenie przeprowadzono w temperaturze pokojowej — mimo to informacja dopływająca z obwodowych receptorów była zbyt słaba, aby zapobiec reakcjom wywołanym ogrzewaniem podwzgórza.

TERMOREGULACJA U STAŁOCIEPLNYCH. PRÓBY INTEGRACJI POGLĄDÓW

Współczesne koncepcje dotyczące mechanizmu działania układu termoregulacji u zwierząt stałocieplnych uwzględniają rolę zarówno ośrodkowych, jak obwodowych jego elementów.

Według Hammela (1965) sygnałem do uruchomienia reakcji termoregulacyjnych jest różnica między temperaturą podwzgórza a aktualnym set-point — wartością, na którą „nastawiony” jest termostat biologiczny. Wobec istnienia adekwatnych reakcji ustroju na zmiany temperatury otoczenia przy względnie stałej temperaturze podwzgórza Hammel przedstawił pogląd, że set-point zmienia się w zależności od temperatury otoczenia. Wyzwolenie w zimnym środowisku mechanizmów dodatkowej produkcji ciepła i reakcji prowadzących do jego konserwacji Hammel tłumaczy w sposób następujący: obwodowe receptory zimna zwiększają częstotliwość impulsów docierających poprzez wzgórze do podwzgórza, co wpływa na podniesienie się set-point. W tej sytuacji niezmienną temperaturą podwzgórza staje się niższa od odpowiedniej dla aktualnego set-point, co oznacza względne obniżenie się temperatury podwzgórza. Różnica między tymi dwiema wartościami (przesunięciem w górę set-point i niezmienną temperaturą podwzgórza) jest sygnałem do uruchomienia mechanizmów produkcji i zachowania ciepła. Przy wysokiej temperaturze otoczenia sytuacja jest odwrotna — następuje względne podwyższenie temperatury podwzgórza na skutek obniżenia set-point. Reakcją na to jest uruchomienie mechanizmów eliminacji ciepła.

Bligh (1966) oparł swą koncepcję działania mechanizmu termoregulacji na dwóch obserwacjach. Pierwsza to istnienie u niektórych współczesnych gadów prymitywnego mechanizmu regulującego w szerokich granicach temperaturę wewnętrzną oraz stwierdzenie w podwzgórzu tych zwierząt elementów wrażliwych na zmiany temperatury. Druga obserwacja dotyczyła istnienia u organizmów stałocieplnych pewnych nieprzekraczalnych granic ciepłoty ciała w gorące (41°C) i w czasie działania środków ogólnie znieczulających (35°C). Działa w tych szczególnych sytuacjach mechanizm awaryjny, uruchamiany w wypadku upośledzenia układu stabilizującego temperaturę wewnętrzną w warunkach fizjologicznych. Zdaniem Bligha u stałocieplnych działają więc dwa niezależne mechanizmy — pierwszy to kontrola „zgrubna” (broad band control), włączająca się w wypadku znacznych odchylen ciepłoty ciała od wartości fizjologicznych. Jest to prymitywny mechanizm odziedziczony przez ptaki i ssaki po ich wspólnych przodkach — gadach ery mezozoicznej. Kontrola „zgrubna” uruchamiana jest, według Bligha, przy krytycznych temperaturach wewnętrznych przez bezpośrednią stymulację termicznych detektorów podwzgórza. Kontrola dokładna (fine control), dopuszczająca jedynie niewielkie wahania temperatury wewnętrznej jest mechanizmem nabytym przez organizmy stałocieplne w trakcie rozwoju filogenetycznego. Elementami sprawującymi tę kontrolę są zarówno obwodowe, jak głębokie (wewnątrz- i pozaczaszkowe) detektory temperatury.

Z dokonanego przeglądu badań wynika, że termoregulacyjne ośrodki podwzgórza koordynują i integrują informacje dopływające do nich z receptorów skóry, detektorów rdzenia kręgowego i hipotetycznych głębokich receptorów obwodowych. Zależnie od siły działających bodźców termicznych i aktualnej temperatury wewnętrznej ustroju, z podwzgórza zostają wysłane słabsze lub silniejsze sygnały biegnące ku organom wykonawczym — efektorom. W odpowiedzi na dopływające do nich sygnały efekторы wykonują proporcjonalną do potrzeb reakcję przywracającą stan równowagi cieplnej ustroju.

LITERATURA

- [1] Andersen H. T., Andersson B., Gale C. — Central control of cold defense mechanisms and the release of „endopyrogen” in the goat, *Acta Physiol. Scand.*, 54, 159—74, 1962.
- [2] Bligh J. — The receptors concerned in the thermal stimulus to panting in sheep, *J. Physiol., Lond.*, 146, 142—51, 1959.
- [3] Bligh J. — The thermosensitivity of the hypothalamus and thermoregulation in mammals, *Biol. Rev.*, 41, 317—67, 1966.
- [4] Colin J., Houdas Y. — Influence respective des thermodétecteurs périphériques et centraux dans le déclenchement de la sudation thermique chez l'Homme, *J. Physiol., Paris*, 57, 234—5, 1965.
- [5] Downey J. A., Mottram R. F., Pickering G. W. — The location by regional cooling of central temperature receptors in the conscious rabbit, *J. Physiol., Lond.*, 170, 415—41, 1964.
- [6] Edinger H. M., Eisenman J. S. — Thermosensitive neurons in tuberal and posterior hypothalamus of cats, *Am. J. Physiol.*, 219, 1093—103, 1970.
- [7] Guieu J. D., Hardy J. D. — Effects of preoptic and spinal cord temperature in control of thermal polypnea, *J. Appl. Physiol.*, 28, 540—2, 1970.
- [8] Hallwachs O., Thauer R., Usinger W. — Zentrale, extracerebrale Auslösung der chemischen Temperaturregulation, *Naturwissenschaften*, 48, 458—9, 1961.
- [9] Hammel H. T. — Neurons and temperature regulation, w: Yamamoto W. S., Brobeck J. R. — Physiological controls and regulations, W. B. Saunders Company, Philadelphia, 71—97, 1965.
- [10] Hammel H. T., Jackson D. S., Stolwijk J. A. J., Hardy J. D., Strømme S. B. — Temperature regulation by hypothalamic proportional control with an adjustable set-point, *J. Appl. Physiol.*, 18, 1146—54, 1963.
- [11] Hardy J. D., Hellon R. F., Sutherland K. — Temperature-sensitive neurons in the dog's hypothalamus, *J. Physiol., Lond.*, 175, 242—53, 1964.
- [12] Hellon R. F. — Environmental temperature and firing rate of hypothalamic neurones, *Experientia*, 25, 610—1, 1969.
- [13] Ingram D. L., Whittow G. C. — The effect of heating the hypothalamus on respiration in the ox, *J. Physiol., Lond.*, 163, 200—10, 1962.
- [14] Isenschmid R., Krehl L. — Über den Einfluss des Gehirns auf die Wärmeregulation, *Arch. exp. Path. Pharmacol.*, 70, 109—34, 1912.
- [15] Jessen C. — Auslösung von Hecheln durch isolierte Wärmung des Rückenmarks am wachen Hund, *Pflügers Arch.*, 297, 53—70, 1967.
- [16] Jessen C., Meurer K. A., Simon E. — Steigerung der Hautdurchblutung durch isolierte Wärmung des Rückenmarks am wachen Hund, *Pflügers Arch.*, 297, 35—52, 1967.
- [17] Jessen C., Simon E., Kullmann R. — Interaction of spinal and hypothalamic thermodetectors in body temperature regulation of the conscious dog, *Experientia*, 24, 694—5, 1968.
- [18] Kahn R. H. — Über die Erwärmung des Carotidblutes, *Arch. Anat. Physiol. (suppl.)*, 28, 81—134, 1904.
- [19] Keller A. D. — Observations on the localisation in the brain-stem of mechanisms controlling body temperature, *Am. J. med. Sci.*, 185, 746—8, 1933.
- [20] Magoun H. W., Harrison F., Brobeck J. R., Ranson S. W. — Activation of heat loss mechanisms by local heating of the brain, *J. Neurophysiol.*, 1, 101—14, 1938.
- [21] Nakayama T., Eisenman J. S., Hardy J. D. — Single unit activity of anterior hypothalamus during local heating, *Science*, 134, 560—1, 1961.

- [22] Nakayama T., Hammel H. T., Hardy J. D., Eisenman J. S. — *Thermal stimulation of electrical activity of single units of the preoptic region*, Am. J. Physiol., 204, 1122—6, 1963.
- [23] Nakayama T., Hardy J. D. — *Unit responses in the rabbit's brain stem to changes in brain and cutaneous temperature*, J. Appl. Physiol., 27, 848—57, 1969.
- [24] Rawson R. O., Quick K. P., Coughlin R. F. — *Thermoregulatory responses to intraabdominal heating of sheep*, Science, 165, 919—20, 1969.
- [25] Simon E., Rautenberg W., Thauer R., Triki M. — *Die Auslösung von Kältezittern durch lokale Kühlung im Wirbelkanal*, Pflügers Arch., 281, 309—31, 1964.
- [26] Von Euler C. — *The gain of the hypothalamic temperature regulating mechanisms*, Progress Brain Res., 5, 127—31, 1964.
- [27] Waites G. M. H. — *The effect of heating the scrotum of the ram on respiration and body temperature*, Q. J. exp. Physiol., 47, 314—23, 1962.

OSIĄGNIĘCIA W 25-LECIU PRL I PERSPEKTYWY ROZWOJU PARAZYTOLOGII POLSKIEJ*

Nie należy do zadań łatwych przedstawienie osiągnięć ostatniego ćwierćwiecza polskiej parazytologii. Zobowiązany do tego przez Komitet Parazytologiczny, chciałbym zastrzec się na wstępie, że uważam za niemożliwe dokładne, sprawiedliwe, a więc bezstronne zobrazowanie naszego dorobku z tej dziedziny nauki. Może podanie odpowiednio uszeregowanego spisu literatury z suchym, syntetycznym przedstawieniem wyników relacjonowanych badań spełniłoby tę funkcję lepiej. Lepiej, ale chyba również w sposób nie wolny całkowicie od subiektywizmu podyktowanego osobowością i zainteresowaniami referenta. Nagi spis literatury z kolei zobrazowałby moim zdaniem tylko prężność wydawniczą i kierunek zainteresowań, nie mówiąc wiele o walorach treściowych publikacji. Do mniejszości należą już dziś zwolennicy oceniania wartości naukowych autora na podstawie liczby pozycji wydawniczych zdobiących jego życiorys. Mimo to szerokie stosowanie tego niefortunnego kryterium liczbowego wynika właśnie z trudności przyjęcia obiektywnych metod oceny merytorycznej. Świadom tych trudności, podejmuję więc próbę prezentacji tych osiągnięć rodzimej parazytologii, które wydają się zasługiwać na podkreślenie. Pełniejsze ich przedstawienie znajdują zainteresowani w referatach bardziej szczegółowych wygłoszonych na X Zjeździe Polskiego Towarzystwa Parazytologicznego w 1970 r. w Warszawie i opublikowanych w „Wiadomościach Parazytologicznych” w końcu tego roku. Schemat ogólny mojego referatu będzie zbliżony do zastosowanego na wspomnianym Zjeździe. Omówię więc w nim nasze zdobycze z zakresu parazytologii ogólnej, patofizjologii parazytologicznej i zwalczania pasożytów. Całkowicie pominię jednak badania immunologiczne, którym poświęcony jest referat prof. dra Zbigniewa Kozara. Uważam także za nieuzasadnione odrębne, jak to było na Zjeździe, przedstawienie naszego dorobku z dziedziny badań epidemiologicznych i epizootologicznych, gdyż wiążą się one ściśle z pracami ekofaunistycznymi, których wyniki wchodzą w zakres parazytologii ogólnej. Należy ponadto podkreślić, że badania poświęcone specjalnie wyjaśnieniu dróg i sposobów szerzenia się inwazji pasożytów w przyrodzie były niezbyt liczne.

PARAZYTOLOGIA OGÓLNA

Do tej dziedziny zaliczamy ekofaunistykę z badaniami morfologiczno-systematycznymi jako towarzyszącymi, a często podstawowymi w odniesieniu do mało poznanych pasożytów, biologię i cykle

* Referat wygłoszony na sesji plenarnej Wydziału III PAN w dniu 13.X.1971 r.

zyciowe. Wykładnikiem postępu w tej dziedzinie badań mogą być: liczba około 300 nowych gatunków opisanych przez polskich badaczy, i to w większości z terytorium naszego kraju, wiele nowych układów pasożyt—żywcicieli, kilkadziesiąt nowych rodzajów, przeprowadzone redeskrpcje, rewizje i synonimizacje. Zasadniczo opracowywane były wszystkie większe grupy systematyczne pasożytów i żywicieli, lecz stopień ich poznania jest bardzo różny. Najsłabiej poznane są pasożytnicze pierwotniaki, mimo, że można odnotować dość dużą koncentrację badań nad kilkoma grupami. W szczególności *Euglenoidina parasitica* bytujące u *Copepoda* okazały się „złotą żyłką”, która, umiejętnie i pilnie eksploatowana metodą morfologiczną i biologiczną (poznawanie pełnych cykli życiowych), przyniosła obfity plon w postaci 96 nowych gatunków oraz pozwoliła na wyciągnięcie interesujących wniosków zoogeograficznych i ewolucyjnych. Bardzo skąpe są natomiast nasze wiadomości o *Ciliata* i *Myxosporidia* pasożytujących u ryb. Mało wiemy o pierwotniakach krwi, np. nie potrafimy powiedzieć, czy występuje w naszym kraju *teilerioza* i *anaplazmoza*. Najliczniejsza rzesza helmintologów sprawiła, że stosunkowo dobrze poznane są występujące w Polsce przywry, tasienice, nicienie i kolecogłowy, lecz i w tej dziedzinie istnieją jeszcze duże luki. Za dość dobrze poznane można uznać *Monogenoidea*, wiele *Digenea*, głównie ryb i ptaków, tasienice ptaków i *Micromammalia*, nicienie kopytnych, szczególnie *Cervidae*, które dostarczyły materiału do wartościowych wniosków o filogenezie *Ostertagiinae* oraz o historycznym kształtowaniu się helmintofauny tej grupy przeżuwaczy. Dość dobrze poznaliśmy niektóre *Arthropoda*, szczególnie komary, meszki, pchły, roztocze, pasożytnicze widłonogi i wszoły — te ostatnie bytujące u ptaków. Natomiast wszoły ssaków należą u nas do słabo znanych. Na opracowanie oczekują też liczne pajęczaki. Podobnie jak nierównomiernie opracowane są, mimo dużego postępu, poszczególne grupy pasożytów, tak samo niejednolicie przedstawia się stan naszej wiedzy o inwazjach pasożytniczych określonych grup zwierzęcych. Badano w zasadzie wszystkie: bezkręgowce, kręglouste i ryby, płazy, gady, ptaki i ssaki, lecz w bardzo różnym stopniu i w różnych, czasem wyraźnie preferowanych rejonach kraju. Przykładowo można wymienić dość rozległe badania nad helmintofauną ptaków, których zarejestrowano w Polsce 374 gatunki. Spośród nich ponad połowa stanowi jeszcze jednak „terra incognita helminthologica”. Dużym skokiem jakościowym i ilościowym prac możemy pochwalić się w zakresie parazytofauny człowieka. Posiadamy dziś dane o 46 gatunkach pasożytów wewnętrznych: 22 pierwotniakach, 15 płazińcach i 9 nicieniach. Liczba stawonogów pasożytniczych jest trudna do ustalenia, gdyż wchodzi też w grę liczne pasożyty czasowe jak *Diptera* krwiopijne i *Ixodidae* ważne jako wektory chorób wirusowych i bakteryjnych. Na wzmiankę zasługuje 12 gatunków pajęczaków zarejestrowanych w naszym kraju u człowieka — wśród nich opisano nawet jeden nowy dla nauki. Kwestią otwartą pozostaje jednak nadal unifikacja metod rozpoznawczych i szersze poznanie rejonizacji inwazji, co może doprowadzić do sporządzenia „mapy” rozmieszczenia pasożytów człowieka w kraju.

Badania ekologiczne, poznawanie biologii i cykli życiowych — rzutujących także na dane epidemiologiczne i epizootologiczne — warte są wspólnego omówienia. Badania na szczeblu osobniczym lub niewielkich zespołów osobników wzbogaciły naszą wiedzę o wiele nieznanych dotychczas cyklów rozwojowych (w naturze i eksperymencie) i nowych ele-

mentów dotyczących wpływu różnych czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych na rozwój, przeżywalność i aktywność form rozwojowych pasożytów przebywających w środowisku zewnętrznym i form inwazyjnych wnikających do organizmu żywiciela. Poza wspomnianymi już pracami nad *Euglenoidina* pasożytującymi w *Copepoda*, które stały się wzorem zastosowania metod badania pełnych cykli życiowych dla celów taksonomicznych i ewolucjonistycznych mamy do odnotowania nowe dane o rozwoju *Actinomyxidina*, *Gregarinida*, *Ciliata*. Wśród przywr opracowano całkowicie lub częściowo cykle rozwojowe 23 gatunków, w tym dwóch gatunków *Monogenoidea* i 21 *Digenea*, stosując dokładne studia morfologiczne poszczególnych stadiów rozwojowych w naturze i w eksperymencie. Duże znaczenie poznawcze i praktyczne mają obserwacje nad rozwojem *Fasciola hepatica*, które doprowadziły m.in. do poznania nowych żywicieli pośrednich z rodzajów *Galba* i *Lymnaea* i dostarczyły wielu interesujących szczegółów rozwojowych związanych z warunkami środowiska i wiekiem żywiciela. Embriologiczne badania komórek rozrodczych przywr w generacjach pozahermafrodytycznych zdają się przemawiać za partenogenetycznym charakterem rozmnażania larw. Równoległe badania nad zarażeniem eksperymentalnym i naturalnym doprowadziły do całkowitego lub częściowego rozwikłania cykli życiowych 52 gatunków tasiemców ryb i ptaków związanych ze środowiskiem wodnym. Ich konsekwencją jest interesujący wniosek o morfologicznych przystosowaniach jaj tasiemców do trybu życia właściwych żywicieli pośrednich oraz analiza zagadnień dotyczących filogenezy *Cestoda* w świetle ich rozwoju ontogenetycznego. Dostarczyło to argumentów przemawiających na rzecz pierwotności heteroksensii tasiemców i równoległości ich rozwoju ewolucyjnego z rozwojem ich żywicieli — kręgowców. Interesująco rysują się badania nad rozdzielnością tasiemców, głównie na modelu *Diploposthe*. Embriologiczne badania tasiemców, uzupełniane obserwacjami w mikroskopie elektronowym, wniosły dokładne prześledzenie rozwoju kilku gatunków, poznanie procesu tworzenia się osłonek embrionalnych i ustalenie dwóch typów bruzdkowania. Wysoko oceniana jest praca poświęcona morfologii zarodków 15 gatunków kolecogłowców. Pozwala ona na wnioskowanie o pokrewieństwach filogenetycznych pewnych grup i gatunków *Acanthocephala*. Dużo prac poświęcono biologii i rozwojowi nicieni na tle warunków środowiska: *Dictyocaulus viviparus*, całej grupy nicieni żołądkowo-jelitowych u owiec, *Protostrongylidae*, *Strongyloides papillosus*, *S. ransomi*, *Ascaris* sp. *Syphacia obvelata*, *Amidostomum anseris* i *Philometra sanguinea*. Prace te wnoszą istotne dane epizootologiczne i epidemiologiczne.

Spośród *Arthropoda* badano rozwój czterech gatunków skorupiaków widłonogich pasożytujących na rybach słodkowodnych, uwieńczone poznaniem pełnego cyklu *Lernaea cyprinacea* w warunkach eksperymentalnych. Spośród pasożytniczych owadów badano rozwój m.in. muchówek *Billea irrorata*, *Lucilia bufonivora* i *Pharyngomyia picta*, komarów oraz błonkówek *Thalessa perlata* i *Th. superba*.

Nieliczna jeszcze grupa prac dotyczyła problematyki fizjologicznej — pobierania pokarmu i przemian metabolicznych pasożytów. Obiektem ich były pierwotniaki, skąposzczety, motylca wątrobowa, tasiemce i nicienie. Z tych ostatnich na uwagę zasługują badania metabolizmu *Trichinella spiralis* dotyczące głównie oddychania.

Szczególnie cenne wydają się prace poświęcone wpływowi różnych

bakterii na rozwój pasożytów i ich zdolności osiedlenia się w żywicielu. Zapoczątkowane dopiero badania na zwierzętach bezbakteryjnych wnoszą niemal rewelacyjne wartości poznawcze. Rozwój tych badań napotyka niestety duże trudności organizacyjno-techniczne. Wpływ czynników ekologicznych był uwzględniany w zasadzie przy wszystkich prowadzonych na większą skalę poważnych badaniach parazytofaunistycznych nad określonymi żywicielami lub ich grupami a także przy większości badań biologicznych i nad cyklami rozwojowymi pasożytów, wykonywanymi w warunkach naturalnych. Cechą charakterystyczną ekologicznych badań nad pasożytami jest to, że stoją one na pograniczu autekologii i synekologii. Wynika to z faktu operowania zwykle większą liczbą osobników. Możemy także jednak mówić o pracach ekologicznych na szczeblu populacji. Rozwijały one stosunki wewnątrzpopulacyjne głównie na przykładzie tasiemców w różnych stadiach cyklu rozwojowego: jaj i form rozwojowych w żywicielach pośrednich i osobników dojrzewających w żywicielach ostatecznych. Z prac tych wyłoniła się m.in. koncepcja Wiśniewskiego o ograniczonej pojemności żywiciela dla pasożytów. Na przykładzie głównie tasiemców, nicieni i wiciowców badano stosunki międzygatunkowe pasożytów w tym samym żywicielu, wykrywając antagonizmy między poszczególnymi komponentami jednostek parazytologicznych, znajdujące wyraz w ograniczaniu liczebności, wzrostu, zdolności rozrodczych i tempa rozwoju pasożytów. Na poziomie ekologii ekosystemów podjęto interesujące i szeroko zakrojone badania nad krążeniem pasożytów głównie płazińców, w biocenozach różnych typów jezior. Badania te, przyczyniły się do zrozumienia dróg krążenia i wpływu środowiska na zespoły pasożytów. Stwierdzono zasadę kompleksowości biocenozy i jej parazytofauny, regulującą rolę pasożytów w stosunku do niektórych elementów biocenozy, sformułowano teorię „gęstego sita”, którym są żywiele ostateczni w stosunku do często bardzo rozproszonych w jeziorze form inwazyjnych pasożytów, wykryto ogniskowość zarażenia form mało ruchliwych, wyraźny wpływ typu jeziora na charakter fauny pasożytniczej oraz poczyniono szereg innych spostrzeżeń. Badania te stały się inspiracją dla naśladowców w kraju i za granicą. Kontynuacją tego typu badań na lądzie była praca poświęcona kształtowaniu się helmintofauny przewodu pokarmowego nornicy rudej na tle populacji żywiciela oraz w zależności od warunków środowiska zewnętrznego. Praca ta dała m.in. asumpt do próby wprowadzenia nowych pojęć naukowych z pogranicza synekologii i parazytologii i uporządkowania istniejących.

W podsumowaniu tych osiągnięć parazytologii ogólnej, służących w dużym stopniu medycynie, weterynarii i rybactwu, należy wskazać na pewne niedociągnięcia i wynikające z nich potrzeby dalszych badań. Dużo jeszcze pozostaje do zrobienia w dziedzinie „dynamicznej morfologii”, obejmującej studia nad zmiennością strukturalną pasożytów i jej przyczynami natury sezonowej i środowiskowej. Na przykładzie niektórych pierwotniaków można wykazać, jak bardzo obiecujący i brzemienny w konsekwencje systematyczne i podsumowania faunistyczne jest ten kierunek badań. Dla zwiększenia wiarygodności wniosków faunistycznych konieczne będzie w wielu przypadkach rozszerzenie badań nad biologią określonych gatunków czy grup pasożytów, lepsze dokumentowanie ich pod postacią dokładniejszych opisów i ilustracji rysunkowych i fotograficznych. Jeśli chodzi o pasożyty jelitowe, warto zwrócić baczniejszą uwagę na ich szczegółową lokalizację, gdyż znajomość faktów

z tej dziedziny może dostarczyć dodatkowych cennych kryteriów pomocniczych w poprawnym określaniu niektórych gatunków i stanowić punkt wyjścia do badań fizjologicznych układu pasożyt—żywiciel. Pożądane jest też w większym niż dotychczas zakresie zwracanie uwagi na fenologiczną zmienność ekstensywności i intensywności inwazji. Już obecnie badania fenologiczne zmian intensywności i ekstensywności inwazji w oparciu o obserwacje dokonane w ciągu tylko jednego cyklu rocznego wydają się w zastosowaniu do wielu gatunków niewystarczające. Interesujące badania nad specyficznością, szczególnie zdolnością adaptacyjną pasożytów do różnych żywicieli warto kontynuacji i rozszerzenia, gdyż mają nie tylko walory teoretyczno-poznawcze. Słabe jest jeszcze nasze rozeznanie rozmieszczenia pasożytów w kraju, a znajomość rejonizacji niektórych gatunków o znaczeniu hodowlanym lub sanitarnym ma bezpośrednie praktyczne znaczenie.

PATOFIZJOLOGIA PARAZYTOLOGICZNA

Badania z tego zakresu stanowią jeszcze skromną pozycję w krajowej literaturze parazytologicznej, chociaż przedstawione są one w blisko 400 pracach i doniesieniach. Przytłaczająca większość tych prac ma jednak charakter przypadkowych obserwacji. Dopiero w latach ostatnich zaznacza się zwiększone zainteresowanie tą problematyką realizowaną w sposób nowoczesny.

Z publikacji dotyczących *Protozoa* na podkreślenie zasługują prace nad zarazą stadniczą koni, uwieńczone wydaniem monografii i zwalczeniem tej inwazji. Wiele prac poświęcono *Trichomonas vaginalis*. Do cenniejszych należy zaliczyć stwierdzenie wpływu aktywności hormonalnej żywiciela na osiedlanie się pasożyta w ustroju, poznanie rozmieszczenia rzęsistka w narządzie rodnym i układzie moczowym oraz obserwacje zmian cytologicznych i histopatologicznych w rzęsistkowicy. Zaraza rzęsistkowa bydła była przedmiotem opracowań obrazujących stan patologiczny poszczególnych odcinków dróg rodnych, wyrażający się bezpłodnością, ropomaciczem i poronieniami. Około 50 publikacji medycznych dotyczy przypadków lambliozy człowieka. Do bardziej obiektywnych należy zaliczyć badania wskazujące, że zaburzenia wchłaniania jelitowego cukrów prostych i tłuszczów należą do rzadkości. Wartościowe są obserwacje zmian neurologicznych w przebiegu lambliozy. Na modelu *Lambliia muris* opracowano dynamikę inwazji i zmienność morfologiczną cyst, co warto sprawdzić u *L. intestinalis*. Pełzakowicy człowieka poświęcono kilkanaście doniesień kazuistycznych oraz prace doświadczalne ośrodka poznańskiego. Te ostatnie, wzbogacające naszą wiedzę o właściwości biologiczne zarówno miejscowych, jak i sprowadzanych do kraju szczepów *Entamoeba histolytica*, sugerują, że rodzime przypadki ostrej pełzakowicy są związane przede wszystkim z czynnikami obniżającymi odporność organizmu żywiciela. Rozpoczęto też badania nad wolno żyjącymi pełzakami z grupy „limax”, które są wprawdzie fakultatywnymi, ale groźnymi pasożytami człowieka — ich wirulentne szczepy stwierdzono w kąpieliskach pod Poznaniem. Obserwacje prowadzone nad przebiegiem kokcydioz mają raczej charakter kazuistyczny, z wyjątkiem pracy poświęconej zmianom widma białkowego krwi kurcząt w doświadczalnej inwazji *Eimeria tenella*. Piroplazmoza bydła została poznana tylko częściowo, od

strony powierzchownie ujętej dynamiki sezonowej i wykrycia ognisk krwawego moczu. Pojedyncze opracowania dotyczyły zmian w obrazie krwi psa w przebiegu babesiozy i wybroczyn krwotocznych w mięśniach świń zarażonych sarkosporidiami. Pneumocystodoza jest tematem kilkunastu prac, głównie kazuistycznych. Na uwypuklenie zasługują długoletnie badania nad patogenezą i immunofluorescencyjną metodą diagnozowania *Pneumocystis carinii* przeprowadzone w ośrodku warszawskim. Pozwoliły one m.in. poznać kolejność pojawiania się charakterystycznych immunoglobulin w toku inwazji i wyjaśnić immunobiologiczne tło objawów klinicznych i zmian anatomopatologicznych. Mimo dużego zainteresowania toksoplazmozą, szczególnie żywego w latach 1952—1962, nasz dorobek w zakresie patogenazy tej jednostki przedstawia się niezbyt bogato. Badano tu m.in. wpływ różnych soków trawiennych na zarażenie, przechodzenie pierwotniaków przez barierę łożyskową, odczyny układu siateczkowo-śródbłonkowego, obrazy hematologiczne i kliniczne w toksoplazmozie doświadczalnej psów, kotów, ptaków itp. Większość prac poświęcono opisom klinicznym przypadków toksoplazmozy wrodzonej oraz zaburzeniom w przebiegu ciąży, przypisywanym toksoplazmozie. Badano rolę toksoplazmozy w niektórych chorobach psychicznych i neurologicznych, lecz za mało interesowano się toksoplazmozą oczu lub łagodnymi przypadkami toksoplazmozy nabytej u dorosłych.

Badania patogennej roli płazińców najobszerniej potraktowane zostały na modelu *Fasciola hepatica*, która ma w naszym kraju poważne znaczenie hodowlane. Rozpoczęły je obserwacje hematologiczne, anatomii i histopatologiczne w ostrym przebiegu fasciozy owiec. Kontynuacja tych obserwacji, znaczne rozszerzenie i pogłębienie dokonane doświadczalnie zarówno na żywicielach typowych (owce), jak i na zwierzętach laboratoryjnych przez duży zespół parazytologów i klinicystów doprowadziły do uzyskania wielu nowych interesujących danych. Pozwoliły dokładniej poznać zmiany w obrazie krwi, zaburzenia w metabolizmie białkowym i węglowodanowym, w procesach enzymatycznych oraz wahań bilansu witaminowego w organizmie żywicielskim. Nie wyczerpuje to jeszcze wprawdzie całokształtu ważniejszych zagadnień patogenetycznych i patologicznych fasciozy, lecz stanowi jeden z najlepiej i najwszechstronniej opracowanych w kraju modeli. Co do innych gatunków przywr będących przyczyną chorób pasożytniczych, wypada wymienić badania kliniczne, anatomii i histopatologiczne oraz hematologiczne dotyczące paramfistomatozy bydła i jeleni. Dostarczyły one nowych dowodów potwierdzających pogląd o dużej chorobotwórczości tych przywr. W Puławach opisano enzootię gęsi wywołaną przez *Psilotrema oligoon*, stwierdzając dyfteroidalno-wrzodziejące zapalenia błony śluzowej jelita cienkiego i wysoką patogeniczność tej przywry. Jedną pracę poświęcono chorobotwórczości *Dactylogyrus anchoratus* i *D. extensus* mających dotychczas opinię mało szkodliwych dla karpi hodowlanych. Inwazje przywr dalekowschodnich człowieka „importowane” do naszego kraju (*Clonorchis*, *Paragonimus*, *Schistosoma*) znalazły odbicie w niektórych pracach podsumowujących doświadczenia klinicystów zdobyte zarówno w Polsce, jak i za granicą.

Jako deficytowe można uznać badania patofizjologiczne w przebiegu inwazji tasiemców zarówno człowieka, jak i zwierząt.

Lepiej przedstawiają się prace poświęcone inwazjom nicieni, zapoczątkowane na *Strongyloides ransomi*. Obecnie na plan pierwszy wy-

suwają się badania nad włośnicą, podjęte w naszym kraju na skalę nie notowaną dotychczas na świecie, w dużej mierze dzięki współpracy polsko-amerykańskiej. Zastosowanie nowoczesnych metod histo- i cytochemicznych, biochemicznych, kardiograficznych i badań ultrastrukturalnych przyniosło wiele nowych cennych faktów i spostrzeżeń. Umożliwiło to poznanie odchyłeń w metabolizmie tkanek żywiciela, szczególnie dynamiki rozpadu i bazofilnej przebudowy włókien mięśniowych jako procesu adaptatywnego w stosunku do pasożyta, i lepsze zrozumienie mechanizmu chorobotwórczości włośnicy krętego. Stwierdzone m.in. niedobory białka w przebiegu włośnicy wskazały drogę interwencji terapeutycznej polegającej na wyrównaniu tych niedoborów. Znane współczesne monografie zagraniczne cytują w szerokim zakresie wiele polskich prac poświęconych włośnicy.

Wnikliwe badania eksperymentalne, choć w znacznie mniejszym zakresie, wykonano na temat patogenyzy *Strongyloides papillosus* u owiec, kóz i niespecyficznego, lecz dobrze zaadaptowanego żywiciela — królika. Zawdzięczamy im m.in. poznanie zmian hematologicznych i aktywności transaminaz. W wyniku badań nad eksperymentalną glistnicą larwalną określono zmienność hemogramu, obrazu krwi, składu białek i zawartość składników mineralnych surowicy krwi, poziom enzymów i witaminy C w narządach głównie świńek morskich pod wpływem *Ascaris suum*. Opracowano histopatologicznie odczyny tkankowe kurcząt w przebiegu inwazji *Ascaridia galli* — ustalono udział układu siateczkowo-śródbłonkowego, rolę komórek kubkowych i właściwości śluzu w obronie żywiciela przeciw pasożytom. W skromnych badaniach nad amidostomozą gęsi potwierdzono doświadczalnie wysoką śmiertelność młodych ptaków w wyniku inwazji i określono straty wynikające ze zmniejszonego przyrostu ciężaru ciała. Z zakresu nematodoz kopytnych wykazano ujemny wpływ inwazji *Parascaris*, *Strongylus* i *Trichonema* na obraz morfotyczny krwi koni, opracowano zmiany anatomo- i histopatologiczne w wyniku inwazji *Dictyocaulus viviparus* u bydła i *Metastrongylidae* u świń. Całkowicie kazuistyczny charakter mają obserwacje anatomo- i histopatologiczne związane z inwazją *Rhabditis gingivalis*, *Onchocerca* i *Dracheia* u konia, *Rhabditis strongyloides* i *Dioctophyma renale* u psa i *Protostrongylus commutatus* u zająca.

Mimo wyraźnego postępu polskich badań patofizjologicznych, szczególnie nowocześnie, głęboko i szeroko ujętych w zakresie włośnicy i fasciolozy, podsumowanie naszego dorobku w tej dziedzinie ujawnia dużo braków i niedociągnięć. Niemal zupełnie brak nam danych o patogenyzie artropodoz, szczególnie o tak ważnej w kraju hypodermatozie; zbyt mało wiemy o dikiotakaulozie, tasiemczycach i trychomonadozach zwierząt, kokcydiozach, toksoplazmozie, nie o teileriozie i anaplazmozie. Daje się odczuć duży deficyt badań lekarskich nad patofizjologią przy tasiemczycach, włosogłówczych, glistnicy i owsicy. Na przyszłość konieczne wydaje się szkolenie parazytologów w zakresie biochemii i szeroka współpraca z anatomopatologami, fizjopatologami, internistami i analitikami.

ZWALCZANIE PASOŻYTÓW

W 1952 r. wysunięto problem walki z pasożytami jelitowymi człowieka. Rozpoczęta w tym kierunku akcja „P” nie rozwinęła się należycie, ale odegrała ważną rolę propagandową, dzięki której inwazje

pasożytnicze nie są już obce ogółowi lekarzy, są rozpoznawane i leczone. Dziesiątki prac poświęcono ocenie skuteczności działania różnych leków przeciw pasożytniczych. W ich wyniku dostarczono służbie zdrowia i służbie weterynaryjnej wielu cennych wskazówek terapeutycznych.

Należy podkreślić, że proporcjonalnie do obszaru i zaludnienia naszego kraju, w Polsce przeprowadzono największe na świecie badania epidemiologiczne, epizootologiczne i terapeutyczne nad włośnicą. Zawdzięczamy im szczegółowe dane co do rejonizacji w całym kraju i częstości występowania pasożyta u ludzi, zwierząt domowych i dziko żyjących. Materiały te pozwoliły opracować plan kompleksowego zwalczania tej inwazji. Przyczyniło się to niewątpliwie do obniżenia zachorowań u ludzi i świń i posłużyło za wzór wykorzystywany w wielu innych krajach np. Rumunia, Węgry, Chile. Jako przykład pełnego powodzenia wdrażania metod naukowych do praktyki może posłużyć całkowite zwalczenie szerzącej się tuż po wojnie zarazy stadniczej koni i świerzbu koni, owiec i innych zwierząt hodowlanych. Z szeroko zakrojonych i wszechstronnie przeprowadzonych (choć jeszcze nie wyczerpujących) badań trzeba wymienić prace poświęcone fasciozom. Wielu badaczy i wiele ośrodków było i jest zaangażowanych w tę sprawę. Dotychczasowe rezultaty pozwalają już na opracowanie racjonalnego i skutecznego krajowego planu zwalczania tej inwazji. Niestety, w praktyce terenowej trudności formalne nie pozwalają uruchomić takiej akcji nawet w skali powiatu. Należy ubolewać, że nie jest to jedyny przykład, kiedy czynniki administracyjno-gospodarcze nie wykorzystują w praktyce wyników badań, które mogłyby zmniejszyć straty wywoływane przez pasożyty. Gotowe do praktycznego wykorzystania są opracowane przez naszych badaczy metody zwalczania diktiokaulozy i hypodermatozy. Wdrożenie ich również napotyka trudności i brak zainteresowania ze strony resortu rolnictwa, który nota bene wykazuje wyraźną niechęć do utrzymywania kontaktów z przedstawicielami nauki i w bieżącej kadencji nie wyznaczył jeszcze swojego przedstawiciela do Komitetu Parazytologicznego.

PERSPEKTYWY ROZWOJU

Po dłuższych rozważaniach na temat koncentracji problematyki badawczej Komitet Parazytologiczny zdecydował się wyodrębnić cztery problemy, które są i będą popierane finansowo w najbliższej przyszłości. Są to:

- I. Poznanie fauny pasożytniczej Polski.
- II. Patofizjologia człowieka i zwierząt użytkowych w przebiegu inwazji pasożytniczych.
- III. Zjawiska odpornościowe w przebiegu inwazji pasożytniczych.
- IV. Badania nad fasciozami.

Taki wybór problematyki został podyktowany sytuacją ekonomiczną kraju, gdyż szczególnie trzy ostatnie problemy preferują badania o znaczeniu nie tylko teoretycznym, lecz także praktycznym — lekarskim i weterynaryjnym. Należy się spodziewać, że ich rezultatem będzie lepsze zrozumienie i dostarczenie właściwych metod badania zmian w ustroju żywiciela pod wpływem inwazji pasożytniczych. Nie oznacza to jednak bynajmniej utraty z pola widzenia czy braku poparcia organizacyjnego ze strony Komitetu i Towarzystwa dla kierunków ściśle teoretycz-

nych. Szczególnie nowocześnie pojęte badania nad fauną pasożytniczą Polski dają możliwość szerszego i głębszego ujęcia badań towarzyszących, jak np. taksonomia eksperymentalna obok klasycznej, a więc uwzględnienie również elementów rozwojowych w doświadczeniu i obserwacjach w naturze. Wiele działów faunistyki parazytologicznej wymaga działalności zdecydowanie odległej od „typu spacerowego” — suchej rejestracji gatunków z kluczem w rękę. Do poprawnego oznaczenia wielu gatunków nieodzowne są jako pomocnicze studia biologiczne nad cyklem życiowym i zmiennością osobniczą. Badania takie nie wymagają dużych nakładów finansowych i mają dobre perspektywy rozwojowe. Natomiast rozwój badań patofizjologicznych i immunologicznych wymaga już droższego, ale osiągalnego w naszych warunkach warsztatu. Do zrealizowania tego kierunku nieodzowne jest zaopatrzenie placówek parazytologicznych w przeszkoloną kadrę, we właściwą aparaturę, a przede wszystkim w odpowiednio wyposażone zwierzętarnie z możliwością eksperymentowania także na dużych zwierzętach. Bardzo ważne jest też umożliwienie badań na gnotobiontach. Jeżeli uda się ponadto zaspokoić inne potrzeby zgłoszone w formie rezolucji X Zjazdu PTP, to można mieć nadzieję, że umocnimy w parazytologii światowej swoją pozycję i zdobędziemy dalsze punktowane miejsce w tej nauce, będące legitymacją naszego narodu na zewnątrz. W światowej literaturze parazytologicznej nie ma dziś niemal zupełnie poważniejszych pozycji monograficznych i podręcznikowych, które nie powoływałyby się na prace polskie. Chcielibyśmy zaznaczyć swoją obecność naukową na świecie w sposób jeszcze bardziej wyraźny.

ZAGADNIENIA FITOCHOROLOGII

Fitochorologia jest to nauka o arealach roślin, czyli o ich zasięgach i rozmieszczeniu. Stanowi ona jedną z ważniejszych dziedzin geografii roślin. Pojęcie zasięgu na równi z pojęciem flory jest jednym z podstawowych założeń, którymi operuje współczesna nauka botaniczna (A. I. Tolmaczew, Osnovy uczenia ob arealach).

Areál — jest to powierzchnia, na której rozmieszczone są w danym okresie istniejące osobniki, należące do jednego gatunku. Podobnie można mówić o zasięgach innych taksonów, jak np. podgatunków lub rodzajów i rodzin. Zasięg gatunku obejmuje wszystkie rzeczywiste jego stanowiska, tj. wszystkie punkty na kuli ziemskiej, gdzie ten gatunek został znaleziony. Stopień zasiedlenia zasięgu osobnikami należącymi do tego samego gatunku bywa różny; pozostaje to w zależności od przystosowania się gatunku do określonych siedlisk, od jego masowego występowania na odpowiednich siedliskach, odpowiadających jego wymaganiom, od obecności gatunku, to jest od faktycznej jego bytności w razie zaistnienia niezbędnych ku temu warunków. Arealy całkiem zasiedlone przez ten lub inny gatunek w przyrodzie nie istnieją. Gatunek występuje w granicach swojego zasięgu tylko na siedliskach odpowiadających jego właściwościom ekologicznym, trafiającym się dość często lub spotykanym tylko z rzadka. Oryginalne mapy rozmieszczenia gatunków zostały przedstawione w pracach: E. Hannig i H. Winkler „Die Pflanzenareale” (Jena, 1926—1938); H. Meusel „Vergleichende Arealkunde” (Berlin, 1943). Masowe występowanie gatunku w granicach całego zasięgu pozostaje również w pewnej zależności od odgrywanej przez niego roli w strukturze zespołów roślinnych.

W pewnej części swego zasięgu gatunek bywa szczególnie reprezentowany, wtedy zajmuje nawet różne siedliska oraz wchodzi w skład odpowiednich fitocenoz. W innych częściach zasięgu, najczęściej na granicach swego występowania, gatunek przystosowuje się do ograniczonych warunków siedliskowych, jego zaś udział w poszczególnych zespołach znacznie się zmniejsza. Gdzie warunki egzystencji dla danego gatunku zbliżają się do optymalnych, tam jest on zwykle bardziej reprezentowany i wykazuje pewną obojętność odnośnie do właściwości poszczególnych stanowisk. W miarę pogarszania się warunków ekologicznych gatunek staje się rzadszy, a co do warunków występowania bardziej wybiórczy.

Szeroko znane jest przystosowanie się niektórych roślin do gleb torfiastych, np. borówki bagiennej — *Vaccinium uliginosum*, bagna zwyczajnego — *Ledum palustre* oraz bażyny czarnoogodowej — *Empetrum nigrum*. Jednakże na północy, w strefie tajgi i lasotundry, gdzie gatunki te najlepiej się czują, to przywiązanie do określonych edaficznych

warunków przestaje być obligatoryjne, gdyż często występują one tam masowo na terenach niezatorfionych. Areal rozmieszczenia rośliny może być ciągły lub przerywany, czyli dyzjunktywny. W warunkach ciągłego nieprzerywanego areалу, zaznacza się regularne występowanie gatunku na odpowiednich dla niego siedliskach. We wszystkich przypadkach, kiedy poszczególne części areálu zajętego przez określony gatunek są w takim stopniu od siebie odosobnione, że nie można przypuszczać jakiegokolwiek łączności, np. w postaci naturalnego przeniesienia nasion, pomiędzy zasiedlającymi ich populacjami, rozmieszczenie gatunku należy rozpatrywać jako dyzjunktywne. Dyzjunkcje arealów wykazują różne kontury, kształty i formy. Areal może być rozczłonkowany na nieliczne odpowiednie powierzchnie, oddzielone od siebie znacznymi obszarami, niezasiedlonymi przez dany gatunek. Tak u typowego, występującego w cienistych borach szczawika zajęczego — *Oxalis acetosella* zaznacza się obszerna dyzjunkcja pomiędzy jego obszarami rozmieszczenia eurosyberyjskim a dalekowschodnim, brak natomiast występowania szczawika na obszernej przestrzeni pomiędzy Bajkałem a Amurem. Oprócz tego występują, również odosobnione od podstawowego areálu tego gatunku, wyspowe jego stanowiska w centralnej części Kaukazu, w Himalajach, w górach Zachodnich Chin, i na Kameczatce. Należy zaznaczyć, że szczawik zajęczy spotyka się jeszcze na dość szerokim obszarze we wschodniej części Ameryki Północnej. Niekiedy areal gatunku wykazuje złożono-przerywany charakter, rozczłonkowany na znaczną liczbę odosobnionych od siebie części.

Prawidłowe pojęcie o zasięgu występowania danego gatunku otrzymujemy drogą punktowania poszczególnych jego stanowisk na mapie. Dzięki takiemu kartografowaniu można zbadać arealy poszczególnych gatunków i zestawiać je. Stopień dokładności i szczegółowości w oznaczeniu areálu uzależniony jest od liczby faktycznych danych, odnoszących się do rozmieszczenia badanej rośliny i od podziałki mapy. Ważne jest również ustalenie granic areálu dla określonego gatunku. Wykreślenie na mapie granic areálu, szczególnie w przypadkach braku faktycznych danych, wymaga od badacza znacznej ostrożności i dostatecznej wiedzy o warunkach rozmieszczenia badanego gatunku oraz dostatecznego stopnia zbadania tego obszaru. Trudności powstają również przy badaniu rozmieszczenia wzajemnie zastępujących się ras geograficznych, tj. podgatunków, związanych ze sobą stopniowymi przejściami. Należy również wziąć pod uwagę trudności przy zaliczeniu pewnej części osobników należących do określonego gatunku do tego lub innego jego podgatunku. Stąd jeśli zewnętrzne granice zasięgu gatunku przedstawiają się jako wyraźnie określone konfiguracje, wytknięcie takiej granicy pomiędzy różnymi wewnętrznymi składnikami tego zasięgu, zasiedlonymi przez różne podgatunki, może być utrudnione i pozbawione takiej dokładności.

Wielkości i kształty arealów mogą się bardzo różnić między sobą. Szerokie rozmieszczenie gatunku, obejmujące większą część powierzchni kuli ziemskiej lub chociażby część powierzchni lądów, zalicza się do kosmopolitycznych. W ścisłym tego słowa znaczeniu pojęcie kosmopolitycznego rozmieszczenia należy zastosować do taksonów wyższej rangi aniżeli gatunek. Wydaje się, że gatunków odznaczających się autentycznym kosmopolitycznym rozmieszczeniem brak jest wśród rodzin kwiatowych. Tak np. żaden gatunek, spośród roślin wyższych, występujący

w Arktyce nie jest spotykany na pustynnych obszarach podzwrotnikowych ani na obszarach sawannowych zwrotnikowej i równikowej strefy. Rośliny szeroko rozpowszechnione w pasie równikowym całkiem lub prawie wcale nie wychodzą poza jego obręb.

Zarazem szerokie rozmieszczenie, obejmujące różne szerokości kuli ziemskiej, zaznacza się stosunkowo często wśród roślin wodnych. Od północnego koła biegunowego do pobrzeży pasa zwrotnikowego rozciąga się występowanie trzciny pospolitej — *Phragmites communis*. Zwyczajy dla północnej strefy leśnej widłak babimór — *Lycopodium clavatum* jest szeroko rozpowszechniony w górskich lasach podzwrotnikowej i zwrotnikowej Azji, a osiąga nawet półkulę południową. Znana paproć orlica — *Pteridium aquilinum*, pospolita dla umiarkowanego pasa na półkuli północnej, rozpowszechniona jest również na zwrotnikowych i podzwrotnikowych obszarach półkuli południowej. Orlica tworzy również zarośla w górskich rejonach Afryki środkowej, a także w podzwrotnikowej części południowo-zachodniej Australii. Jednakże zasadnicza masa gatunków roślin kwiatowych odznacza się znacznie bardziej ograniczonym rozmieszczeniem. Według A. De Candolle'a „Géographie botanique raisonnée” (Paris, 1855) tylko arealy 19 gatunków spośród wyższych roślin, w tej liczbie wyżej wspomniana orlica oraz wiechlina roczna — *Poa annua*, występują na ponad połowie powierzchni Ziemi, zaś u około 100 gatunków arealy obejmowały około połowę naszej planety. W przeciwstawieniu do kosmopolitycznych lub w ogóle do bardzo szerokiego rozmieszczenia pozostaje wąska lokalizacja występowania jakiegos gatunku, ograniczona niekiedy określonym obszarem i nigdzie poza tym terenem nie spotykana; w ostatnim przypadku taki gatunek nazywa się endemitem. Takie endemiczne gatunki spotyka się na wyspach oceanicznych. Liczne gatunki o zwięzonym zasięgu występują np. w Nowej Kaledonii, gdzie rosną drzewiaste gatunki rodzaju *Araucaria*. Endemity są związane z określonym obszarem, wyspą, górami. W Brazylii istnieje 19 tysięcy gatunków endemicznych. Na wyspie św. Heleny — 85% roślin stanowią endemity. W naszych Pieninach rośnie złocień Zawadzkiego — *Chrysanthemum Zawadzki*. Wielkość arealów różnych gatunków roślin jest uwarunkowana w pierwszej kolejności związkami zachodzącymi pomiędzy odpowiednimi roślinami a określonymi warunkami ich egzystencji. Im gatunek wykazuje większe właściwości przystosowania do warunków środowiska, tym szersze są jego możliwości rozmieszczenia. Ostra natomiast dyferencjacja warunków środowiska jest czynnikiem ograniczającym możliwości rozmieszczenia gatunków roślin, a sprzyjającym wąskiej lokalizacji zasięgów. R. D. Good w 1931 r. tak sformułował w pracy „A theory of plant geography” (The new phytologist vol. XXX, nr 3, Cambridge) pojęcie tolerancyjności gatunku: „każdy gatunek roślin może istnieć i pomyślnie reprodukować potomstwo tylko w niektórych określonych dla niego klimatycznych i edaficznych granicach”.

Czynnikiem wpływającym na wielkość obszaru arealu jest niewątpliwie geograficzna izolacja. Zaznacza się ona w postaci przestrzennej izolacji do oddalonych od siebie poszczególnych części lądu lub odosobnionych od siebie wysp, przedzielonych szerokimi obszarami wodnymi, a także na terenach wysokogórskich.

Niektóre zjawiska związane z geograficznym rozmieszczeniem roślin należy tłumaczyć różnym ich geograficznym pochodzeniem. Zasięg każ-

dego gatunku ma swoją historię, nieodłączną od historii samego gatunku. Formowanie się nowych gatunków roślin jest zjawiskiem genetycznym, odbywającym się w różnych okolicznościach i w różny sposób, na określonej przestrzeni, zasiedlonej wyjściową dla danego gatunku macierzystą formą pierwotną. Pierwotny areał stanowi tę przestrzeń, na której wskutek odpowiednich przeobrażeń, kształtował się młody gatunek. W miarę dalszej egzystencji gatunku jego rozmieszczenie ulega zmianom, częściowo wskutek zajmowania przez ten gatunek dalszych obszarów, znajdujących się poza linią pierwotnego zasięgu. Taki areał może się jednak kurczyć wskutek wymierania gatunku na tym lub innym obszarze początkowo przez niego zajmowanym. Dlatego też badane przez nas areale w praktyce przedstawiają zjawisko raczej geograficzne, a nie historyczne. Areal jest jakby odzwierciedleniem związku zachodzącego pomiędzy gatunkiem a określonymi warunkami egzystencji jego środowiska. W ten sposób zasięg gatunku jest również zjawiskiem ekologicznym. Także historia gatunku znajduje swoje odbicie w jego areale. Formowanie się nowych gatunków odbywa się w przyrodzie różnymi drogami. Ogólna zasada kształtowania się gatunku polega na zasadniczym przeobrażeniu dziedziczących się podstawowych cech protoplastu gatunku odbywających się wskutek oddziaływania warunków otaczających środowiska (A. I. Tołmaczew). Jednym ze sposobów powstawania gatunku jest również dyferencjacja geograficzna pierwotnego podstawowego gatunku, różnicującego się na zastępcze geograficzne rasy czy podgatunki. Powstawanie takich zastępczych gatunków wiąże się z jednej strony z genetyczną niejednorodnością populacji danego gatunku, zasiedlających różne części danego areалу, z drugiej — z różnymi warunkami egzystencji, panującymi w różnych częściach tego zasięgu. Odchylenia od zasadniczej postaci, charakteryzujące dany gatunek na określonym etapie jego rozwoju, mogą się ujawnić w różnych częściach jego zasięgu, co często staje się powodem do wyróżnienia poszczególnych form i odmian, występujących na określonych obszarach. Podobne odchylenia przyswajają cechy taksonów, oznaczających w tym przypadku rasy, gdy są one jednakowe i występują u wszystkich lub u przeważającej masy osobników danego gatunku, zajmujących określoną część areálu, podczas gdy w innych częściach tego areálu zostaje zachowany jego stan wyjściowy lub obserwowane są zmiany innego charakteru (A. I. Tołmaczew). W ciągu określonego czasu różnice zachodzące pomiędzy zastępczymi rasami, początkowo nieznaczne, lecz związane z przejściowymi formami, mogą się pogłębiać, przejściowe formy mogą zniknąć, a w miarę upływającego czasu zupełnie odosobnione od siebie rasy mogą stać się samodzielnymi gatunkami. Jedną z ważniejszych cech rasowej dyferencjacji, jako formy procesu kształtowania się gatunku, jest wzajemne wyłączanie występowania ras należących do jednego gatunku, rosnących na jednej i tej samej przestrzeni, w każdej bowiem części areálu może rozwijać się tylko jedna rasa. Odpowiednio do tego, przy osiągnięciu pełnego genetycznego odosobnienia takie rasy przechodzą w gatunki zastępcze, czyli wikariujące (A. I. Tołmaczew).

Do zwiększenia się liczby gatunków, znacznie przyczynić się mogą procesy zmienności zachodzące w aparacie jądrowym komórek (A. I. Tołmaczew). Najczęściej pozostaje to w związku ze zmianą wielokrotności zasadniczej liczby chromosomów (powstawanie na tle diploidalnych form, tetraploidalnych, heksaploidalnych oraz innych pochodnych).

A. I. Tołmaczew podkreśla, że nie możemy na pewno stwierdzić, jakie właśnie warunki i w jaki sposób wpływają na przebudowę aparatu jądrowego w komórkach roślin.

Gatunek powstający na określonej powierzchni kuli ziemskiej może rozszerzyć obszar swojego zasięgu i wystąpić poza jego granicami. Sprzyjają temu procesowi nie tylko określone warunki zewnętrzne oraz masowa różnorodność, ale także występowanie u roślin różnorodnych do tego przystosowań, tj. specjalnych środków służących do rozsiewania zarodników, nasion i owoców. W związku ze znaczną odległością, na jaką przenoszone są zarodniki i nasiona, powstaje również długotrwałość zachowania zdolności do kiełkowania, a także zależność od warunków środowiskowych, do których one się przedostają. W większości przypadków rozmieszczenie gatunku odbywa się stopniowo, przy tym gatunek stopniowo zajmuje obszary przylegające bezpośrednio do wcześniej istniejących już granic zasięgu.

Szybkość rozmieszczenia gatunku bywa różna. Przykładem szybkiego rozmieszczenia może być historia rozpowszechnienia w Europie wodnej rośliny, moczarki kanadyjskiej — *Elodea canadensis*, rozmnażającej się wegetatywnie, której żeńskie okazy przedostały się do Irlandii z Ameryki Północnej (Kanady) w 1836 r., zaś w 1866 r. dotarła już ona do granic Polski, bez jakiegokolwiek ingerencji człowieka. Interesująco przedstawia się rozmieszczenie świerka — *Picea abies* (*P. excelsa*) na obszarze Finlandii i Szwecji w okresie polodowcowym. Na obszar współczesnej Finlandii świerk przeniknął z południo-wschodu około 10—12 tysięcy lat temu, do Szwecji zaś poprzez obszar Zatoki Botnickiej znacznie później. W ten sposób szybkość przesuwania się świerka na obszarze Fennoskandii, biorąc pod uwagę długość przebytej przez niego drogi w ciągu 10 000 lat, wyniosła od 1000 do 1500 km, tzn. średnia roczna wyniosła 100—150 m.

Warunki, które w ten lub inny sposób stoją na przeszkodzie do rozmieszczenia danej rośliny, należy rozpatrywać jako różnego rodzaju zapory. Można więc wyróżnić trzy zasadnicze kategorie takich zapór: przeszkody charakteru topograficznego, ekologicznego i biologicznego. Najbardziej świadczącym przykładem przeszkody o charakterze topograficznym dla rozsiewania roślin lądowych — jest morze, zaś dla morskich — ląd. Nadbrzeżna linia morska staje się w ten sposób dla określonego gatunku automatyczną granicą zasięgu. Wśród przeszkód ekologicznych przewodnie miejsce zajmują warunki klimatyczne, nie sprzyjające danemu gatunkowi. Rolę ekologicznych przeszkód do rozsiewania roślin mogą również spełniać czynniki glebowe, a także warunki terenowe (wysokość nad poziom morza, wystawa, rzeźba powierzchni). Przeszkody charakteru biologicznego mogą odgrywać decydujące znaczenie przy określeniu możliwości aklimatyzacji danego gatunku. Liczne gatunki są ściśle związane również z określonymi warunkami biocenotycznymi.

Szczególną pozycję wśród czynników sprzyjających rozmieszczeniu roślin zajmuje działalność człowieka. Niewątpliwie człowiek od dawna przyczynia się do rozsiewania roślin. W związku z rozwojem kultury rolniczej człowiek zaczął przenosić z obszarów będących ogniskami pochodzenia roślin uprawnych, obok zbóż i jarzyn również nasiona wielu innych gatunków, które stały się chwastami w nowych, specyficznych warunkach uprawy. Tak chaber bławatek — *Centaurea cyanus*, pocho-

dzący z obszaru śródziemnomorskiego, wędrując rozpowszechnił się w zasiewach zbożowych, występujących na znacznych obszarach południowej i środkowej Europy. W dalekiej przeszłości wędrówki ludów przyczyniły się do przemieszczenia różnych gatunków roślin. W ciągu ostatnich stuleci rośliny europejskiego pochodzenia zostały w znacznej ilości przeniesione do obszarów umiarkowanych Północnej i Południowej Ameryki, a nawet do Australii. Wpływ człowieka nie ogranicza się tylko do przemieszczenia gatunków, ale również przyczynia się do niszczenia pierwotnego krajobrazu, a w związku z tym i pierwotnej szaty roślinnej oraz poszczególnych przedstawicieli flory. W bieżącym stuleciu rozpoczęła się silna synantropizacja różnych obiektów i obszarów florystycznych.

Na pola i w ogrody, do lasów i w zarośla, na łąki i pastwiska wdzierają się nowi przybysze, przedostają się nowe rośliny, a często chwasty. Człowiek przez swoją niszczącą działalność środowiska przyrodniczego stwarza dogodne warunki dla pojawiania się często bardzo specjalnych chwastów.

Przeciwstawieniem rozszerzających się progresywnych arealów są zjawiska regresji arealów, przy których zasięgi gatunków ulegają zmniejszeniu się. Przy dalszym kurczeniu się areалу do minimum może nastąpić obumieranie danego gatunku. Obok zmniejszenia się powierzchni danego areálu przy zachowaniu jego całokształtu wewnętrznej struktury może nastąpić jego rozczłonkowanie i powstanie na tej podstawie przerwanego, dyzjunktywnego rozmieszczenia. Dalsza degradacja arealów sprowadza się do stopniowej redukcji ich fragmentów, a z czasem do zupełnego ich zaniku. W końcu może nastąpić lokalizacja gatunku na jakiejś nieznacznej określonej przestrzeni. Takie resztkowe, reliktowe arealy zaznaczają się u bardzo starożytnych gatunków, np. u przedstawicieli z rodzaju *Sequoiadendron* (*Sequoia*) rosnących w Kalifornii. Takim reliktowym, regresywnym elementem jest młokorzab — *Ginkgo biloba*, zajmujący bardzo ograniczony areal w Chinach.

Areal rodzaju, podrodzaju lub taksonów wyższych, jak rodziny, przedstawia się w postaci całokształtu arealów poszczególnych gatunków należących do danego rodzaju lub grupy. Zasięgi poszczególnych gatunków mogą się wzajemnie uzupełniać, w większym lub mniejszym stopniu być tymi samymi. Ogólne zarysy areálu danego rodzaju określają przestrzeń, na której występuje przynajmniej jeden spośród gatunków należących do danego rodzaju. W granicach określonego obszaru rodzaj może być reprezentowany przez różną ilość gatunków. W ten sposób badanie zasięgu rodzaju obejmuje nie tylko ustalenie ogólnego areálu jego rozmieszczenia, lecz także odosobnienie gatunków należących do danego gatunku w różnych częściach areálu rodzajowego. Rozmieszczenie poszczególnych gatunków w granicach danego areálu bywa nierównomierne, zależnie od regularności rozmieszczenia poszczególnych gatunków w granicach istniejących zasięgów.

Granice rozmieszczenia rodzajów i rodzin na kuli ziemskiej są regulowane przez te same czynniki, od których w ostatecznym wyniku zależy rozmieszczenie poszczególnych gatunków, to jest w zależności od warunków zewnętrznego otoczenia — środowiska, od czynników abiotycznych i biotycznych, pozostających w związku z właściwościami fizjologicznymi określonych roślin, ze zmianami tych warunków oraz w zależności od czynników historycznych, uwzględniających wzajemne

ustosunkowanie się lądów i mórz w określonych okresach geologicznych w granicach istnienia odpowiedniego taksonu. Gatunki należące do jednego rodzaju, różniące się występowaniem nawet nieznacznych morfologicznych cech, mogą odznaczać się przystosowaniami zabezpieczającymi możliwości ich wegetacji w zasadniczo różnych warunkach. Czynnikiem określającym stosunkowo większą amplitudę arealów rodzajów jest większa długotrwałość istnienia rodzajów (w porównaniu do poszczególnych gatunków), jako zjednoczenie pokrewnych gatunków, zmieniających się wzajemnie nie tylko w przestrzeni, ale również w czasie. Zależność zasięgów rodzajów od warunków minionych epok jest znacznie głębsza niż przy rozpowszechnieniu poszczególnych gatunków, bardziej bezpośrednio uzależnionych od współczesnych warunków zewnętrznego otoczenia. Przy analizie rozmieszczenia rodzajów należy brać pod uwagę wzajemne stosunki, jakie istniały pomiędzy lądem a morzem w zamierzchłej przeszłości. Ważnym zagadnieniem jest również ustalenie ognisk rozmieszczenia odpowiednich rodzajów, gatunków i ich różnorodności. Obecność większej ilości gatunków należących do jednego rodzaju na pewnym obszarze należy z dostatecznym prawdopodobieństwem przyjąć jako wskaźnik znacznej dawności występowania przedstawicieli danego rodzaju na danym obszarze. Większa liczebność gatunków należących do jednego rodzaju kojarzy się z istotną ich różnorodnością. Na podstawie rozmieszczenia współczesnych gatunków bardzo trudno jest sądzić w większości przypadków o geograficznym pochodzeniu rodzajów, do których one należą. Zasięgi niektórych starożytnych rodzin mają za sobą tak złożoną historię oraz uległy takim przeobrażeniom, że jakiegokolwiek próby wyciągania wniosków na podstawie ich współczesnej formy lub według obecnej koncentracji gatunków na tym lub innym obszarze, o ich genetycznym pochodzeniu i przystosowawczych możliwościach odpowiedniej grupy roślin są trudne do przyjęcia.

Dane paleobotaniczne dostarczają materiałów co do rozmieszczenia roślin w odległych od nas okresach, są świadectwem występowania określonych gatunków na pewnych obszarach w minionych epokach geologicznych. Tak w związku z okresem ostatniego zlodowacenia pozostaje tak zwana kopalna flora dryasowa, spotykana między innymi w ilastych osadach jezior. W skład tej flory wchodzi: brzoza karłowata — *Betula nana*, dębik — *Dryas octopetala*, wierzba zielna — *Salix herbacea*, wierzba żyłkowana — *Salix reticulata* oraz wierzba wykrojona — *Salix retusa*.

Wykorzystanie danych paleobotanicznych, jako świadectwa uprzedniego rozmieszczenia w ubiegłych okresach określonych grup lub gatunków roślin, jest utrudnione z powodu niekompletności materiałów kopalnych dotyczących historii świata roślinnego w świetle dziejów geologicznych, nie wszystkie rośliny po obumarciu zostawiają po sobie rozpoznawalne resztki.

Porównawcze badania zasięgów, uporządkowanie danych o podobieństwach i różnicach ich konfiguracji umożliwiają pewną ich klasyfikację. Obiektem porównawczych badań arealów są realnie istniejące zasięgi z całą ich różnorodnością oraz geograficznymi właściwościami. Typy arealów wiążą się z ich florystyczno-geograficzną klasyfikacją.

Rozmieszczenie roślin ma przeważające znaczenie przy analizie flor występujących na poszczególnych obszarach kuli ziemskiej. Porównaw-

cze badania arealów i oparte na tym klasyfikacje mają na celu specjalne zadania dla badań botaniczno-geograficznych oraz dla specyficznych studiów materiałów florystycznych, co nadaje w pewnym stopniu badaniom z dziedziny fitochorologii charakter nauki stosowanej. Mapy zasięgów, obejmujące w miarę możliwości większą ilość jednostek systematycznych, stanowią ważniejszy materiał pomocniczy dla florystycznej geobotaniki oraz duże znaczenie dla fitogeografii.

ANDRZEJ ALBERT LEWANDOWSKI

CZY REZERWATY AKTYWNE?

Od pewnego czasu coraz bardziej alarmująco podnosi się kwestię degradacji naturalnych wartości środowiska i wyczerpywania się nieodnawialnych zasobów przyrody. Formuluje się teoretyczne podstawy nowoczesnego ujęcia stosunku społeczeństw do środowiska ich życia. Uznaje się, że postęp techniczny jest wprawdzie nieodwracalny, można jednak przewidzieć skutki gospodarczej działalności człowieka i — co z tym się wiąże — kierować powodowanymi przez nią zmianami mając na względzie długodystansowe korzyści. Wykonanie tego ostatniego zaleca się powierzyć przyrodnikom-specjalistom.

Tymczasem, jak sądzę, dotychczasowy system ochrony przyrody i jej zasobów ciągle jeszcze zbyt jest wrośnięty w — światło podówczas — idee wieku XIX i pierwszej połowy wieku XX. Między innymi, zresztą po szeregu przykrych doświadczeń, zakładał on niedówierzenie poprawiającym przyrodę zapędom człowieka i nastawiał się maksymalnie na zachowanie status quo. System ten spełnił swoją wspaniałą rolę i nie można go pod tym względem nie doceniać, jednakże z powodów wymienionych niżej wydaje się już nie wystarczać.

Ograniczanie stosunkowo małych obszarów jako rezerwaty i zakładanie całkowitej nieingerencji jest nieliczeniem się z biologicznymi wymogami gatunków. Biorąc pod uwagę kręgowce, a szczególnie np. ptaki, trzeba stwierdzić, że większość z nich należy do gatunków odlatujących lub choćby koczujących. Jeżeli zostaną one wystrzelane lub przepłoszone w lasach i na sąsiednich zbiornikach wodnych (nie mówiąc już o masowej redukcji w czasie przelotu w innych krajach), jeżeli na trasie wędrówek znikną ich miejsca przystankowe, np. wytnie się las lub osuszy moczary, postawi w pobliżu fabrykę czy otoczy się je gęstą zabudową turystyczną — to pozostawienie ich w spokoju na małym wybranym obszarze sprawy nie załatwi.

Jest i druga kwestia — owa nieingerencja jest tylko pozorna; żeby miała miejsce w istocie, należałoby wyłączyć spod wpływu cywilizacji całą połać kraju, na co nikt w Europie nie może sobie pozwolić.

Toteż ingerencja istnieje, jest tylko niejako niezamierzona i przejawia się w sposób negatywny. Nie ma prawie rezerwatu, gdzie w sąsiedztwie nie byłoby jakiegoś miasteczka z jego przemysłem i penetrującymi okolicę mieszkańcami, który nie sąsiadowałby z intensywnie, ze zrozumiałych względów, użytkowanymi obwodami łowieckimi, gdzie nie dochodziłby szum i spaliny z pobliskiej szosy i hałasy wynikające z normalnej pielęgnacji i eksploatacji lasu (samoloty opryskujące, piły mechaniczne, zwózka drewna), gdzie nie byłoby silnego wpływu okolicy w zakresie stosunków wodnych — obniżanie poziomu wody dzięki melioracji okolicznych łąk i pastwisk lub napływ wód ciekami zanieczyszczonymi w ich górnym biegu itd.

Ogólnie wiadomo, że zjawiska te nasilają się, kierowane nieuchronnie przyrostem naturalnym i wzrostem potencjału gospodarczego krajów dysponujących przeciwieście ograniczoną przestrzenią.

Trawestując znane powiedzenie o dzikich zwierzętach, na krótko przed ostatnim ćwierćwieczem XX wieku, trzeba jasno stwierdzić: nie ma miejsca dla naturalnych ekosystemów. Ich utrata następuje wg kolejności gęstości zaludnienia i stanu uprzemysłowienia.

Oczywiście jedne tereny poddają się urbanizacyjnej działalności człowieka łatwiej, inne — np.: wysokie góry — trudniej. Faktem jest jednak, że w wielu krajach zachodnich naturalność szczątków autentycznych ekosystemów trzeba utrzymywać... sztucznie.

Polska, choć znajduje się jeszcze w warunkach znacznie korzystniejszych, szybko kroczy po tej samej drodze. Realną staje się więc dysjunkcja: albo większość rodzimej flory i fauny będzie można zobaczyć wyłącznie w warunkach krańcowo sztucznych — w laboratoriach oraz w ogrodach botanicznych i zoologicznych (nb. wszystkie te instytucje mają swoją własną, ogromnie ważną rolę do spełnienia), albo zgodzimy się na jej bezpowrotne zniknięcie — nie opanowano bowiem hodowli w stopniu zapewniającym ciągłość większości gatunków, a pewne z nich nie dają się uprawiać w ogóle. Potrzeba przeciwdziałania ostatniej możliwości została wielokrotnie uzasadniana; chodzi o to jak działać?

Po pierwsze Polska, jak wspomniano, ma pewien handicap, w związku z czym może działać racjonalnie, a nie w popłochu.

Wydaje się, że należy zaufać stanowi dzisiejszej nauki, wiedzy, chęci i możliwościom specjalistów wszystkich związanych z tą sprawą dziedzin. Należy dać im szansę — bo jest to jednocześnie jedyna szansa dla całego społeczeństwa — jeśli zrazu nie stworzenia, to sztucznego utrzymywania naturalności wybranych kurczących się ekosystemów, pomimo wzmagającej się presji otaczającej cywilizacji.

Ponieważ o nieingerencji w warunkach europejskich mowy być nie może, postuluję przeciwstawienie się nieuchronnie istniejącej ingerencji negatywnej — ingerencją pozytywną, stworzenie czegoś, co nazwałbym roboczo rezerwatami aktywnymi.

Tak jak tereny, tak i gatunki w nich bytujące mają różną wysokość progu odporności na wpływy urbanizacyjne, po którego przekroczeniu następuje załamanie ciągłości ich istnienia. Zazwyczaj na pierwszy ogień idzie tzw. gruba zwierzyna. Toteż (żeby sięgnąć tylko do przykładów krajowych) wpółoswojone wprawdzie — żubry i wizytujące stale różne miasta — łosie stanowią niezaprzeczalnie wielki rezultat polskiej myśli naukowej w dziedzinie ochrony przyrody.

Gatunki drobniejsze łatwiej utrzymać w stanie naturalnej dzikości na mniejszych obszarach wydzielonych — z tym zastrzeżeniem, że dla wędrujących na ich trasach powinny być zapewnione dogodne punkty przystankowe. Bardzo pomocne okazuje się tu notowane od dawna zjawisko narastającego synantropizmu wielu gatunków, jak również fakty zaskakującej nieraz zmiany w nastawieniu gatunków uważanym tradycyjnie za wysoce antropofobne. Być może za nimi pójdą inne, zawsze jednak pozostanie duża liczba gatunków nieprzystosowanych, narażonych na silną regresję.

Kończąc sprawy ogólne, w propozycjach praktycznych ograniczę się do najbliższej i najlepiej mi znanej grupy, tj.: do ptaków. W świetle powiedzianego wyżej jest jednak jasne, że — ponieważ nie chodzi tu o ptaki, lecz o ekosystem — w ośrodku działającym na rzecz takiego czy

innego rezerwatu aktywnego powinien współpracować zespół ludzi z różnych dziedzin szczegółowych.

Co wobec tego miałyby charakteryzować rezerwat aktywny: teren — któryś z przekształconych rezerwatów dotychczasowych lub obszar przeznaczony na nowo powstający rezerwat, obsada — (poza standardowymi strażnikami) kilkuosobowa komórka badawcza z taką ilością pracowników technicznych, działalność — uzgadniania wspólnie z możliwie najszerszym gronem specjalistów: a) ustalenie listy występujących w terenie gatunków; b) przeprowadzenie wstępnych prób hodowlanych na gatunkach pospolitych w celu sprawdzenia poprawności koncepcji i całej „maszynarii” działania; c) ustalenie gatunków znajdujących się w szczególnej regresji, mimo że dawniej — jak najbardziej właściwych temu regionowi palearktyki; d) sprawdzenie, czy wystarczająca jest baza pokarmowa w środowisku, i ewentualne zaprowadzenie gatunków żywicielskich roślin i zwierząt, jeśli ich z jakichkolwiek powodów brakowało; e) namnażanie gatunków wybranych „za wszelką cenę”, tj. poczynając od dzikiej hodowli (dzięki stworzeniu odpowiednich warunków), poprzez — półdziką (z wyraźną ingerencją pokarmową oraz zagęszczeniem stada podstawowego), aż do czysto laboratoryjnej hodowli wyłącznie; f) manipulowanie powstałym, dzięki zastosowaniu dowolnego sposobu, stadem operacyjnym dla uzyskania właściwego nasycenia danego rezerwatu aktywnego, a także w celu restytucji składu gatunkowego innych właściwych gatunkowi ekosystemów w kraju (nb. kraje zachodnie przejawiają wielkie zainteresowanie importem wielu gatunków, które w ich warunkach naturalnych namnażać się już nie mogą); g) opracowanie metodyki i techniki namnażania umożliwiających ich pełną powtarzalność w dowolnym miejscu i czasie — choć może się to wydawać nie na miejscu w tym kontekście, przypominając procesy produkcji gatunków od dawna wykorzystywanych gospodarczo lub nawet produkcję dóbr nieożywionych. Dla pewnych gatunków będących przedmiotem akcji będzie to opracowanie na wszelki wypadek do wykorzystania w razie istotnego zagrożenia, dla wielu innych będzie to jednak jedyna rękojmia utrzymania ich cokolwiek by się stało; h) ewentualne powrotne wprowadzenie gatunków występujących na danym terenie w czasach dawniejszych; i) ewentualne próby ograniczenia koczowania i wędrówek przez kompleksowe stosowanie tranquilizatorów i bodźców pokarmowych, a w pewnych przypadkach również — krzyżówek z innymi podgatunkami.

Wydaje się, że tak ustalone postępowanie:

- 1) realizowałyby w pełni jeden z członów działania Komitetu „Człowiek i środowisko” — restytucję środowisk naturalnych;
- 2) wyeliminowałyby moment zaskoczenia, gdy się okaże, że taki czy inny gatunek znajduje się już w fazie krytycznej, nie do uratowania;
- 3) prowadziłyby do postulowanego zgrania w przyszłym środowisku elementów przyrodniczych i technicznych w celu zapewnienia optymalnych warunków życia społeczeństwom.

Ograniczenie się do zachowawczych metod dotychczasowych spowoduje jedynie odwleczenie całkowitej destrukcji środowiska naturalnego. Czy istotnie ma nam pozostać rola mniej lub bardziej świadomych obserwatorów tego procesu?

Dawid Goldfarb: *Wstęp do genetyki bakterii*, tłumaczenie A. Piekarowicza, s. 238, PWN, Warszawa, 1970, 30.00 zł.

Książek poświęconych genetyce bakterii wyszło dotychczas cztery: w 1951 *The Genetics of Micro-organisms Cateheside*, w 1965 nowe wydanie *Bacterial Genetics* W. Brauna, w 1961 r. *Sexuality in Bacteria* F. Jacoba i Wollmana oraz w 1968 II wydanie *The genetics of bacteria and their viruses* W. Hayesa.

Dla czytelnika polskiego, mimo że wszystkie z nich, oprócz pierwszej, zostały też wydane w tłumaczeniu rosyjskim, są one na ogół trudno dostępne. Ponadto — postępowanie w tej dziedzinie nauki jest tak szybkie, iż książki wydane przed 5—10 latami stają się częściowo nieaktualne.

Pomysł wydania polskiego tłumaczenia książki Goldfarba uznać więc należy za trafny. Szkoda jednak, że tłumaczenie rosyjskiej edycji z 1966 r. zostało wydane dopiero w 1970 r., a rozprawione w 1971 r. Mimo pewnych uzupełnień, wprowadzonych na podstawie porozumienia między autorem a tłumaczem, opóźnienie 5-letnie musiało się odbić na przydatności książki. Tej przyczynie przypisać należy zbyt pobieżne i niekompletne, a czasem mylące informacje na temat epizomów (poza czynnikiem F), mechanizmu rekombinacji genetycznej i jego genetycznej kontroli. Czytelnik nie znajdzie też tu nowych wiadomości na temat regulacji genetycznej.

Mimo tych — nieznacznych zresztą i nie zawinionych ani przez autora, ani przez tłumacza usterek — książka spełni swe zadanie. Autor dokładnie i starannie przedstawia nasze wiadomości o DNA, o strukturach jądrowych bakterii. Obszernie omówiono mutacje i ich powstawanie oraz różne mechanizmy przekazywania materiału genetycznego wśród bakterii.

Recenzent odnosi wrażenie, że PWN, decydując się na wydanie tłumaczenia w 5 lat po ukazaniu się oryginału, postąpiłoby słusznie zaopatrując je w uzupełniające przypisy. Uzupełnienia takie wydają się niezbędne zwłaszcza przy podrozdziałach poświęconych replikacji DNA, kodowi genetycznemu i metodom jego rozszyfrowania, transkrypcji genetycznej itp.

Korekta nie usunęła też części błędów transkrypcji nazwisk anglosaskich.

Książka zapewni w dużej mierze dotkliwą lukę w polskim piśmiennictwie. Niestety, niezupełnie dla podpisanego wytłumaczalne opóźnienie edycji, sprawiło, że książka już w chwili umieszczenia jej w witrynach księgarni stała się nieco przestarzała. Tego typu książki, dotyczące dziedzin przechodzących właśnie teraz bujny i szybki rozwój, należy albo wydawać natychmiast, albo nie wydawać ich wcale.

Władysław Kunicki-Goldfinger

Bohdan Rodkiewicz — *Zarys genetyki*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1971, str. 307, ryciny, cena 40 zł.

Dynamiczny rozwój nauk biologicznych w ostatnich latach szczególnie wyraźnie zaznacza się w nauce o dziedziczności. Powstanie szeregu nowych działów genetyki spowodowało, że przy całościowym traktowaniu tej nauki można ją

przedstawić jedynie w zarysie. Tak też przedstawił podstawowe problemy genetyki B. Rodkiewicz w swoim *Zarysie genetyki*.

Książka składa się z 16 rozdziałów, z czego rozdział 1 ma charakter wstępu omawiającego poszczególne dyscypliny genetyki oraz ich powiązanie z odpowiednimi gałęziami nauk biologicznych. Dwa dalsze rozdziały — 2 i 3 — mają charakter historyczny i dobrze się stało, że autor cały rozdział 3 poświęcił omówieniu praw Mendla, opisując szczegółowo klasyczne już dziś eksperymenty z groszkiem. Należy żałować jedynie, że nie ekspopowano wyraźnie ostatecznego brzmienia tych praw. Przy omawianiu praw Mendla autor wprowadza podrozdział „Geny i chromosomy”, który daje czytelnikowi biologiczną podstawę wyliczonych przez Mendla stosunków ilościowych, nawiązując równocześnie do dalszych rozdziałów, w których podaje wyniki najnowszych badań biochemicznej struktury chromosomu (rozdz. 4). W rozdziale 5 zajęto się typami determinacji płci, wyjaśniając mechanizm jej różnicowania się. W rozdziale 6 i 7 przedstawiono teorię chromosomowej lokalizacji genów oraz zmienność ujawniania się cech, spowodowane określonymi stosunkami pomiędzy genami, takimi jak sprzężenie genów i zjawiska ich rekombinacji. Na uwagę zasługują podrozdziały opisujące rekombinację u bakterii (koniugacja, transformacja i transdukcja). Szczegółowo opisano mechanizm powstawania mutacji genowych i genomu, czynniki indukujące mutacje, a szczególnie promieniowanie oraz ich rolę w tworzeniu się nowych cech.

W rozdziałach 8, 9 i 10 omówiono sposób realizacji właściwości organizmu. Podano szereg przykładów zaczerpniętych z badań dziedziczności u bakterii i fagów, które ilustrują sposób zapisu kodem genetycznym produkcji określonego enzymu warunkującego cykl przemian biochemicznych, wyznaczających cechę organizmu. W rozdziale 8 na przykładzie alkaptonurii i aukstotroficznego szczepu *Salmonella typhimurium* zilustrowano genetyczną kontrolę metabolizmu przez determinowanie syntezy określonego enzymu. Typy współdziałania genów przy kształtowaniu określonych cech podano w rozdziale 9, wyróżniając: współdziałanie alleli, genów nieallelicznych oraz występowanie mutatorów i supresorów. Opisano także rolę czynników środowiskowych w ostatecznym ukształtowaniu się fenotypu. W następnym rozdziale wyjaśniono podstawowe mechanizmy „zapisu” i realizacji cech organizmu, przy pomocy trójkowego kodu genetycznego. Podano hipotezę Cricka (1958) o kolinearności genu i białka oraz opisano, ilustrując czytelnymi schematami, syntezę łańcucha polipeptydowego. Rozdział ten kończy, także ilustrowana, hipoteza operonu Jacob i Monod (1961) oraz krytyka tej hipotezy.

Stosunkowo obszernie potraktowana jest rola cytoplazmy w przekazywaniu cech (rozdz. 11). Wszelchstronnie naświetlono dziedziczenie właściwości organizmu nie związane z aparatem chromosomowym (plastydy, mitochondria, episomy oraz inne czynniki cytoplazmatyczne). Podano przykłady segregacji genów cytoplazmatycznych, współdziałanie z genami chromosomowymi oraz ich właściwości i rodzaje. Wspomniano także o bezpośrednim działaniu środowiska w powstawaniu modyfikacji zwanych fenokopiami. Rozdział 12 nawiązuje do embriologii w wyjaśnieniu mechanizmu różnicowania się tkanek i narządów. Tworzenie się struktur nadmolekularnych opisano na przykładzie kształtowania się struktury faga T4.

Na skomplikowane procesy morfogenezy u organizmów tkankowych mają wpływ czynniki środowiskowe, jak to wykazano na przykładzie rozwoju *Trichogramma semblidis*, sam natomiast proces embriogenezy jest zdeterminowany przez aparat chromosomowy jądra komórki, która różnicując się traci „w sposób nieodwracalny lub odwracalny swą totipotencję” (cyt. autora). Opisano chromo-

somowe mechanizmy różnicowania się komórek oraz teorię kompetencji Spemannna.

Rozdziały 13 i 14 traktują o genetyce wyjaśniającej źródła przemian ewolucyjnych. Omówiono szczegółowo zasadę Hardy-Weinberga (1908) oraz czynniki będące przyczynami zmienności genetycznej w populacjach zwierząt i roślin, takie jak mutacje, dryft genetyczny i rozmaite formy doboru. Szczegółowo rozpatrywano gatunkotwórcze zmiany w populacji, natury genetycznej i środowiskowej. Obszernie omówiono różne formy poliploidalności i rodzajów izolacji gatunków. Rozdziały 15 i 16 nawiązują do praktycznych zagadnień zastosowania genetyki w hodowli zwierząt i roślin oraz ogólnie zaznajamiają czytelnika z niektórymi zagadnieniami genetyki człowieka.

W pewnym aspekcie historycznym omówiono kwestię efektów zastosowania różnych form selekcji i doboru w hodowli zwierząt i roślin oraz podano teoretyczne podstawy stosowania metod hodowlanych — krzyżowania, chowu w czystości rasy i indukowania pożądanych mutacji. Bardzo pobieżnie omówiono współczynnik odziedziczalności. W rozdziale o genetyce człowieka ograniczono się do omówienia pewnych zaburzeń fizjologicznych i psychicznych, wynikających z chromosopatii i genopatii, jak również zaznaczono, że pewne uzdolnienia ludzi są uwarunkowane czynnikami dziedzicznymi.

W podrozdziale „Genetyka i rasy ludzkie” wykazano nienaukowość rasizmu z punktu widzenia genetyki, co znalazło odzwierciedlenie w zacytowanym IX punkcie deklaracji antropologów i genetyków złożonej pod auspicjami UNESCO w 1951 r.

W końcowym podrozdziale „Eugenika” autor pesymistycznie i dowcipnie ustosunkował się do możliwości zastosowania eugeniki w społeczeństwie ludzkim.

Wszystkie rozdziały książki *Zarys genetyki* są zaopatrzone w odpowiednio dobrane spisy literatury, w których uwzględniono najbardziej współczesne pozycje literatury krajowej i zagranicznej.

Rozdziały 3, 6, 9 i 13 zawierają zadania będące praktycznym sprawdzianem stopnia przyswojenia sobie przez czytelnika poruszanych problemów. Autor daje również czytelnikowi możliwość oceny tego stopnia przez umieszczenie na końcu książki prawidłowo sformułowanych odpowiedzi.

Książka Bohdana Rodkiewicza *Zarys genetyki* dzięki nowoczesnemu ujęciu zagadnień genetycznych, uwzględniającemu najnowocześniejsze osiągnięcia omawianej gałęzi biologii oraz „czytelnemu” przedstawieniu nieraz bardzo trudnych problemów może zachęcić nawet początkującego biologa do głębszego zapoznania się z nauką o dziedziczności.

Włodzimierz Karłowicz

W. I. Łukjanienko: *Ikonobiologia ryb*, Moskwa 1971, Izdatelstwo Piszczewaja Promyszlennost, ss. 364, w tekście 73 tablice i 53 ryciny, opr., cena 2,17 rub.

Wiedza o mechanizmach obrony ssaków przed wtargnięciem drobnoustrojów i ciał obcych oraz o zachowaniu swoistości związków wielkocząsteczkowych własnego ustroju znajduje się w okresie bujnego rozwoju: serologia dostarcza coraz dokładniejszych danych o właściwościach odzwierciedlających zmiany we krwi w przebiegu chorób, a także o immunologicznej odrębności organizmów, immunochemia wyjaśnia materialne podstawy tych zjawisk, immunogenetyka ciągle rozszerza zakres badań nad dziedzicznością cech polimorficznych, wśród których grupy krwi zajmują poczesne miejsce.

W ostatnim dziesięcioleciu znacznie wzrosła ranga immunologii wśród nauk biologicznych, szczególnie medycznych, a obecnie immunologia zaczyna odgrywać coraz większą rolę w zootechnice, czego przykładem jest rozwój nauki o grupach krwi zwierząt domowych, szczególnie bydła.

Immunobiologia ryb Łukjanienki jest pierwszym w literaturze światowej tak obszernym ujęciem zagadnień odporności ryb. Autor starał się przedstawić aktualny stan badań nad immunologią ryb na tle współczesnego stanu podstawowych działów immunologii ogólnej. Książka składa się z trzech części: w pierwszej omawiane są humoralne czynniki odporności wrodzonej, w drugiej wytwarzanie przeciwciał, w trzeciej antygeny ryb.

Rozpatrując w pierwszej części czynniki humoralne odporności wrodzonej Łukjanienko przedstawił współczesne poglądy na komplement, properdynę i lizozym. Najbardziej szczegółowo przedstawił komplement, gdyż wiedza o komplemencie ryb jest obszerniejsza niż o properdynie czy lizozymie i wiąże się z własnymi badaniami autora. Przedstawiona jest aktywność komplementu u różnych grup systematycznych, z uwzględnieniem grup rozwojowych i ekologicznych. Poziom aktywności komplementu u ryb jest znacznie niższy w porównaniu do przedstawicieli innych kręgowców. Komplementarna funkcja krwi u ryb jest wskaźnikiem wysoce labilnym i ulega znacznym wahaniom w zależności od czynników ekologicznych i sezonowych. Aktywność properdyny, drugiego naturalnego czynnika odporności u ryb, tylko nieznacznie ustępuje aktywności u człowieka, a jest nieco wyższa niż u świnki morskiej. Autor podaje, że charakterystyczna dla ryb aktywność properdyny (od 1 do 4 j/ml) jest w stanie zapewnić bakterio-bójczą rolę krwi. Jesiotry na przykład charakteryzują się dużą naturalną odpornością i mają znacznie wyższy poziom properdyny niż sandacze, zapadające na liczne choroby. Obecności properdyny nie stwierdza się u wszystkich osobników danego gatunku.

Funkcji wytwarzania przeciwciał poświęcona jest druga część książki. W kolejnych rozdziałach: o morfologicznych podstawach reakcji ryb na działanie antygeny, biologicznych podstawach immunogenezy, przeciwciałach naturalnych, zależności reakcji wytwarzania przeciwciał od temperatury i warunków środowiska, od bodźca antygenowego, o osobliwościach reakcji wytwarzania przeciwciał przez ryby oraz mechanizmach odporności Łukjanienko analizuje dane z piśmiennictwa i uogólnia własne doświadczenia. Opisując komórki immunokompetentne u ryb opiera się na doświadczeniach z własnej pracowni. Omawia mechanizmy odporności ryb: bariery skóry i śluzówki, zapalenie i fagocytozę, czynniki humoralne odporności wrodzonej i nabytej, reaktywność tkanek i procesów wydzielania. Przez proces wydzielania rozumie tutaj Łukjanienko, opierając się na pracach Awietikjana, reakcje ryb na działanie antygeny, w których przez skórę i kloakę dochodzi do szybkiego i efektywnego oswobodzenia organizmu od swoistego bodźca.

O fizjologicznych mechanizmach wrodzonej odporności ryb zebrano już stosunkowo dużo wiadomości, odporność nabyta pozostaje jednak nadal niejasna. Badacze często wychodzili z mylnego założenia o wiodącej roli swoistych przeciwciał w określeniu poziomu nabytej odporności. Zbadanie tych faktów jest cenne z punktu widzenia immunologii porównawczej. Autor uważa, że przeciwciała u ryb nie mają decydującego znaczenia w odporności organizmu. Często wysokie miano wytworzonych przeciwciał nie odpowiada stanowi odporności nabytej. Zdolność ryb do wytwarzania przeciwciał przez uodpornienie jest stosunkowo słaba, co przejawia się w ilościowych i jakościowych cechach produkowanych przeciwciał, a także zwolnionej dynamice procesu immunologicznego. Ryby odpowiadają na bodźce antygenowe syntezą niewielkiej ilości przeciwciał o stosunkowo niskiej swoistości, przy czym jest wysoki odsetek ryb immunologicznie

inertnych, nie odpowiadających na działanie antygeny. Ryby mają słabą pamięć immunologiczną, co ujawnia się brakiem reakcji anamnestycznych. Przy rozpatrywaniu ewolucji procesu wytwarzania przeciwciał przez kręgowce, stopniowym jego formowaniu się i doskonaleniu, scharakteryzowany proces wytwarzania przeciwciał u ryb znajduje swoje naturalne miejsce.

W trzeciej części przedstawione są osiągnięcia w badaniach nad cechami antygenowymi erytrocytów, tkanek i białek surowicy, gatunków ryb cennych dla rybactwa. Zagadnienia te mają znaczenie dla ichtiologii ogólnej i przemysłowej. Dla eksploatacji przemysłowej ryb morskich ważne są badania przede wszystkim nad łososiowatymi, śledziowatymi, okoniowatymi i tuńczykowatymi. Ryby te zajmują duże obszary z licznymi populacjami o różnych stopniach izolacji. Utrudnia to oznaczenie liczebności każdej izolowanej populacji i kontrolowanie wielkości połowów w celu zabezpieczenia odpowiedniego poziomu reprodukcji.

Zbadanie populacyjnej struktury gatunku, tj. liczby, stopnia izolacji i przestrzenno-czasowych przemieszczeń oddzielnych populacji lub podpopulacji gatunku przy stosowaniu tradycyjnych dla ichtiologii metod morfometrycznych, nie przyniosło pożądaných rezultatów, co jest konsekwencją braku wyraźnych morfologicznych różnic między oddzielnymi grupami wewnątrzgatunkowymi. Zastosowanie metod immunologicznych z właściwą im wysoką swoistością różnicowania okazało się szczególnie pożyteczne i praktyczne, i jest dotychczas jedynym sposobem ujawnienia wewnątrzgatunkowych różnic jakościowych licznych gatunków ryb. Antygenowe właściwości erytrocytów, białek tkankowych i surowicy stanowią biologiczne metryki. Umożliwiają one odróżnienie licznych grup wewnątrzgatunkowych od podgatunku do subpopulacji na obszarze zajmowanym przez gatunek. Chociaż obecnie nie ma bezpośrednich danych potwierdzających genetyczne determinowanie cech grupowych ryb, jednak przez analogię z ciepłokrwistymi można przyjąć jej istnienie. W oparciu o antygenowe różnice nerki stwierdzono dwie różne populacje rodziny łososiowatych, określono drogi ich migracji w oceanie, rejony szczególnej koncentracji, a także strefy częściowego mieszania.

Łukjanienko przytacza 894 pozycje piśmiennictwa, wśród których odnalazłem siedem publikacji Polaków: Drzewina (1905, 1912), Grodziński (1925), Pliszka (1939 a, b), Rychliński i Żarnecki (1955) oraz Kocylewska (1957). Zrozumiałe jest, że trudno było autorowi w pierwszym wydaniu książki zebrać pełną literaturę światową. Przedstawione przez Łukjanienkę zagadnienia immunobiologii ryb odpowiadają jednak w zasadzie osiągnięciom immunologii ogólnej i porównawczej. Pominięcie niektórych zagadnień, np. opisanych przez autorów japońskich właściwości surowic węgorzy względem krwinek ludzkich, które pozwalają na wyróżnienie cech grupowych E i e (nie związane z układem Rh), w żaden sposób nie obniża wartości tej monografii. W drugim wydaniu, którego najprawdopodobniej szybko ta wartościowa książka się doczeka, wskazane jest uzupełnienie jej indeksem rzeczowym, który ułatwi odnajdywanie interesujących haseł.

Organiczne łączenie osiągnięć immunologii ogólnej z wynikami badań immunologii ryb, oraz sposób ujęcia nadaje tej monografii charakter podręcznika. Książka przeznaczona jest dla ichtiologów, hodowców ryb, fizjologów i biochemików, ichtiopatologów, a także dla studentów i aspirantów odpowiednich katedr uniwersytetów i instytutów hodowli ryb.

Monografię Łukjanienki czyta się lekko, a przedstawione zagadnienia budzą powszechne zainteresowanie, dlatego będzie przyjęta z dużym zaciekawieniem nie tylko przez specjalistów, ale również przez szerokie kręgi biologów.

C. D. Darlington: *The evolution of man and society*, New York, 1968, Simon and Schuster, str. 753, dol. USA 12.95.

Zarówno tytuł, jak i nazwisko znakomitego genetyka i botanika, profesora i kierownika Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu w Oxfordzie, autora wielu świetnych książek skłaniają biologa do zapoznania się z tym potężnym tomem. Wystarczy jednak przejrzeć spis treści i przeczytać kilkanaście stron, aby doznać gorzkiego rozczarowania, które dalsza lektura tylko pogłębia.

Pochodzeniu człowieka poświęca autor tylko parę kartek, streszczając wiadomości na ogół znane od dawna. Warto tylko podkreślić, że na str. 25 Darlington zwraca uwagę na sprzężenia zwrotne dodatnie, które zapewne odegrały istotną rolę w ewolucji człowieka. Polskiemu czytelnikowi przypomina się zaraz praca Tadeusza Bielickiego opublikowana w 1969 r. Oczywiście zachodzi tu równoległość, warto jednak stwierdzić, że Darlington omawia zagadnienie sprzężeń zwrotnych nieporównanie krócej i bardziej powierzchownie niż polski autor.

Od strony 32 aż do końca nie ma właściwie więcej mowy o biologicznej ewolucji człowieka. Ogromną większość miejsca zajmuje z wielkim temperamentem opisana historia powszechna ludzkości. Opis ten pozostaje pod wyraźnym wpływem znanego *Zarysu Historii* H. G. Wellsa. Znajduje się tam wiele rozważań stojących na pograniczu socjologii i historii doktryn politycznych, najbardziej zaś interesują autora sposoby kojarzenia się małżeństw — czy może lepiej „mechanizmy rozrodcze” społeczeństw ludzkich. Można tu przeczytać wiele rzeczy zadziwiających, tak np. w cesarstwie ottomańskim od 1288 r. aż do 1603 r. obowiązywało prawo nakazujące sułtanowi obejmującemu tron natychmiastowe zgładzenie wszystkich braci i wszystkich ciężarnych żon i nałożnic poprzedniego sułtana. Prawo to zostało później nieco zliberalizowane — po 1603 r. bracia panującego sułtana nie byli wysyłani na śmierć, tylko żyli w bezwzględnym i dożywotnim więzieniu. Tego rodzaju wiadomości służą Darlingtonowi do rozważania znaczenia, jakie mogło mieć krzyżowanie wsobne czy też przeciwnie — hybrydyzacja — dla losów społeczeństw. Materiał jest sensacyjny, trzeba też przyznać, że książkę czyta się z wielkim zainteresowaniem, niestety jednak, męczą czytelnika wątpliwości, skąd autor wie tak dużo o stosunkach rodzinnych rozmaitych egzotycznych i dawno wymarłych dynastii. Wątpliwości te wzrosły u mnie gwałtownie, gdy się dowiedziałem, że państwo polskie zostało wskrzeszone po najazdach tatarskich przez niemieckie rycerstwo, które utworzyło warstwę szlachecką. Zdaniem Darlingtona w Polsce przedrozbiorowej żyły koło siebie trzy oddzielne społeczeństwa: mówiący po polsku chłopci, porozumiewający się iddisz mieszczaństwo i szlachta posługująca się wyłącznie językiem niemieckim! Nie jestem historykiem, nie wiem więc, ile podobnie pewnych informacji zawierają pozostałe części książki, mam jednak wrażenie, że jest ich sporo — kto wie, czy nie przeważają one nad prawdziwymi wiadomościami.

Darlington włożył najwyraźniej ogromnie dużo wysiłku w celu wyszukania w literaturze historycznej potrzebnych mu danych, nic więc dziwnego że popełnił sporo pomyłek, jest przecież botanikiem, a nie historykiem. Po cóż jednak ta praca ze strony botanika? Sprawa wyjaśnia się stopniowo w czasie lektury, a zostaje w pełni przedstawiona w konkluzjach rozdziału końcowego. Jak się okazuje, Darlington jest historiozofem, któremu się zdaje, że znalazł uniwersalne tłumaczenie, pozwalające na racjonalny opis historii wszystkich państw i narodów. Po odkryciach Darlingtona historia przestanie być opisem niespodziewanych wydarzeń, a stanie się logicznym ciągiem prostych przyczyn i nieuchronnych skutków.

Wedle Darlingtona kluczem do zrozumienia losów ludzkich są mechanizmy

rozrodzce ludzkich społeczeństw. Klucz ten wyglądałby mniej więcej w sposób następujący.

Gdy grupa ludzka zdola zapewnić sobie jakiś sukces, na przykład władzę lub bogactwo, wówczas wytwarza takie mechanizmy społeczne, które zapewniłyby jej utrzymanie zdobytej pozycji oraz przekazywanie jej wyłącznie własnemu potomstwu. W ten sposób powstaje warstwa szlachecka, praktykująca rozród krewniaczy. Prowadzi to do ograniczenia pojawiania się talentów i zdolności, a w końcu do upadku. Zapobiec mu może przełamanie barier klasowych i dopływ nowych genów z innej kasty. Hybrydyzacja tworzy genotypy niezbalansowane, wśród których trafiają się „wynalazcy, geniusze i bohaterowie” — ale także i osobniki subnormalne. Ich obecność jest ceną jaką grupa musi płacić za ochronę przed miernotą. Darlington twierdzi, że społeczeństwa podzielone na klasy zawsze wygrywają współzawodnictwo ze społeczeństwami jednolitymi. Jedną z przyczyn jest większa plastyczność społeczeństw podzielonych na warstwy, drugą zaś możliwości hybrydyzacji międzyklasowej, prowadzącej do rodzenia się wybitnych jednostek. Zdaniem Darlingtona wszyscy twórcy nowych państw byli mieszancami, często zaś dziećmi nieślubnymi, zaś dochodzące do władzy dynastie degenerowały się przez uprawianie rozrodu krewniaczego. Oto przyczyna upadku tronów Habsburgów i Burbonów.

Darlington jest po prostu „rasistą na opak”. Tak jak i zwykli nasiści, przecenia znaczenie genotypu dla losów społeczeństwa, a nie docenia roli innych okoliczności. O wszystkim decyduje wedle niego dobre urodzenie — tyle że naprawdę dobrze urodzeni są mieszańcy, a najlepiej ludzie pochodzący ze związków pozamażeńskich.

Książka ma być zbiorem dowodów tej zasadniczej tezy. Dowodów jest naprawdę wiele, niestety, ich ilość nie przechodzi bynajmniej w jakość. Wszystkie rozumowania są naciągnięte i nieprzekonujące, a choć w książce poprzedzają ostateczne wnioski, są wyrażnie z góry dobierane i układane w taki sposób, aby w umyśle czytelnika utworzyć zaplanowany obraz. Pod względem ścisłości rozumowania Darlington nie przewyższa autorów dowodzących wyższości blondynów nad brunetami i uzasadniających niższość Murzynów w Ameryce.

Zdaniem Darlingtona znakomitym dowodem na korzyść jego tezy są losy Wenecji. Przyczyną upadku republiki weneckiej był chów krewniaczy rządzącej nią szlachty. W roku 1297 w Wenecji było 210 rodzin szlacheckich, w 1790 r. spis szlachciców weneckich wymienia 1100 osób. Jeśli naprawdę obce geny przez parę setek lat nie dotarły do tej zamkniętej kasty (w co jednak można wątpić, pomimo oficjalnych zapisów) byłby to istotnie przykład dość wyraźnego chowu w pokrewieństwie. Darlingtona bynajmniej nie kłopotuje fakt, że mimo swego szczególnego mechanizmu rozrodczego Wenecja przez setki lat była światową potęgą; wystarczy mu, że w końcu upadła. Niestety — wszystkie państwa w końcu upadają lub ulegają przewrotom. Oczywiście sporo uwagi poświęca Darlington Żydom. Tworzyli oni nieraz dość nieliczne getta, w obrębie których byli skazani na chów krewniaczy, a przecież wydawali także zdolne jednostki. Oczywiście można i to wyjaśnić. Zdaniem Darlingtona Żydzi wskutek prześladowań często wędrowali z kraju do kraju, co powodowało mieszanie się populacji genetycznie odrębnych, a złączonych jedynie wspólną religią.

Przykłady te uzmysławiają, jak dalece rozumowania Darlingtona są dalekie od naukowej ścisłości. Nikt oczywiście nie przeczy, że u zwierząt i roślin udomowionych, a także w szczepach laboratoryjnych długotrwały chów w pokrewieństwie obniża vitalność. Można jednak wątpić, czy wobec ruchliwości człowieka i wobec powolnej, w stosunku do biegu historii, wymiany ludzkich pokoleń dochodziło rzeczywiście do tworzenia się społeczeństw o wysokim stopniu

inbredu. Nie jest też bynajmniej dowiedzione, że zdolności umysłowe i siła charakteru wykazują efekt heterozji, podobnie do rozmiarów ciała myszy i kur. Darlington wymienia wiele osób wybitnych, pochodzących jego zdaniem ze zmieszania ras. Myślę, że bez większego trudu można by układać jeszcze dłuższe spisy niewątpliwych mieszańców, którzy się niczym nie wyróżnili, a także wielkich twórców, o których pochodzeniu mieszańcowym nic nie wiemy. Przeprowadzanie pełnej dyskusji z rozumowaniami Darlingtona jest niemożliwe, systematyczne odparcie wszystkich jego argumentów wymagałoby zapewne nie 753 stron, lecz ich wielokrotności.

Książka stojąca na pograniczu dwu nauk, w naszym przykładzie historii i biologii, może być pożyteczna, nawet jeśli wnioski autora budzą wątpliwości. Można by sądzić, że dzięki lekturze dzieła Darlingtona historyk zdoła rozszerzyć swą wiedzę biologiczną, a biolog wzbogaci się o wiadomości z historii. Niestety, jestem przekonany, że lektura tego tomu może przynieść najwyższej pomieszanie pojęć.

Henryk Szarski

Harold J. Morowitz — *Entropy for Biologists. An Introduction to Thermodynamics*. Acad. Press., New York — London, 1970, str. 195, 6,95 \$.

Zagadnienie entropii w biologii staje się w coraz większym stopniu przedmiotem zainteresowania szerszego kręgu biologów: biofizyków, biochemików, fizjologów, ekologów.

Entropia dla biologów jest cenną pozycją dla tych wszystkich nie-fizyków, których zajmują zagadnienia termodynamiki, entropii i informacji układu żywego. *Entropia dla biologów* jest kolejną pozycją¹, napisaną przez profesora molekularnej biofizyki i biochemii uniwersytetu w Yale — Harolda J. Morowitza. Monografia zawiera 15 rozdziałów (i 5 aneksów), z których każdy jest poprzedzony trafnie dobranym mottem. W rozdziale I autor omawia rolę temperatury w układach żywych, wychodząc ze stwierdzenia, iż każdy proces biologiczny zaczyna się od ujarzmienia energii fotonów słonecznych i kończy się z chwilą odpływu ciepła do środowiska. Teza ta zresztą znajduje uzasadnienie w dalszych rozdziałach książki. Rozdział II dotyczy energii: aspektu historycznego, energii mechanicznej, prawa zachowania energii, pojęcia energii całkowitej cząsteczki, a także pojęcia energii potencjalnej i kinetycznej oraz energii cieplnej. Po rozpatrzeniu w rozdziale III wstępu do teorii kinetycznej autor poświęca cały następny rozdział energii całkowitej, omawia zagadnienie mierzalności energii układu oraz pierwsze prawo termodynamiki; o drugim prawie termodynamiki traktuje w rozdziale następnym, po czym rozpatruje funkcje entropii, mierzalności entropii i trzecie prawo termodynamiki oraz entropię w reakcjach chemicznych. Rozdział VIII jest wstępem do mechaniki statystycznej, a IX traktuje o związku pomiędzy mechaniką statystyczną a termodynamiką, ze szczególnym uwzględnieniem swobodnej energii i molekularnych stopni swobody. Na szczególne podkreślenie zasługuje rozdział X, dotyczący entropii, informacji i energii, w którym autor przedstawia związek pomiędzy funkcją rozkładu mechaniki statystycznej, wartością energetyczną mikrostanów mikrocząstek i wielkością entropii. Rozpatrując fenomen demona Maxwella autor omawia minimalny „koszt ener-

¹ „Life and the Physical Sciences”. Holt, Rinehart and Winston, 1965; „Energy Flow in Biology”. Acad. Press. 1968.

getyczny" informacji jednego bita. W tymże rozdziale akcentuje znaczenie relacji pomiędzy energią i informacją w układzie żywym. Treścią dwóch kolejnych rozdziałów są funkcje wolnej energii i energii cieplnej, a rozdziału XIII — zastosowania swobodnej energii Gibbsa. W przedostatnim rozdziale autor wzmiankuje o niektórych pomiarach stosowanych w fizyce niskich temperatur. Ostatni, XV rozdział, zatytułowany „Entropia i biologia” jest niejako kwintesencją całej monografii. O ile w poprzednich rozdziałach autor przedstawia relację pomiędzy entropią i informacją o tyle w ostatnim sugeruje niektóre implikacje tej relacji: od nierówności $W \gg X$, gdzie W — prawdopodobieństwo możliwych stanów kwantowych, a X — prawdopodobieństwo kwantowych stanów układu żywego — dzięki energii słonecznej, z zachowaniem drugiego prawa termodynamiki — do globalnych procesów biosfery i zagadkowego uśmiechu Mony Lizy.

Praca, poza elementarną znajomością rachunku różniczkowego i całkowego, nie wymaga od czytelnika znajomości matematyki wyższej. Monografia jest napisana przejrzysto i mimo nienajłatwiejszej angielszczyzny czyta się ją łatwo. Załączony indeks rzeczowy i cytowane niektóre pozycje podstawowej literatury uzupełniającej ułatwiają to zadanie, a pytania i zadania po każdym rozdziale mogą być sprawdzianem dostępności tej interesującej lektury dla stosunkowo szerokiego kręgu biologów. Brak odpowiedzi na nie nie pozwala, niestety, na skonfrontowanie stopnia jej dostępności przez poszczególnego czytelnika. Pomocny byłby także wykaz używanych symboli i oznaczeń. Celowe byłoby również uzupełnienie i rozszerzenie piśmiennictwa z tego zestawieniem.

Książka ta niewątpliwie może stać się cenną pozycją dla biologów różnych specjalności w ich pracy teoretycznej.

Aleksander Przybylski

William G. van der Kloot: *Zachowanie się zwierząt*. Tłumaczenie z angielskiego Ireny Łukaszewskiej, Warszawa, PWN, 1971, stron 242.

Książka ta została wydana w serii PWN poświęconej zagadnieniom współczesnej biologii. Zawiera 10 rozdziałów, z których każdy omawia odrębne zagadnienia i każdy kończy się wykazem odpowiedniej literatury. W. G. van der Kloot jest pracownikiem naukowym Uniwersytetu Nowojorskiego i wyniki jego badań nad konstruowaniem kokonu przez amerykańskiego jedwabnika stanowią treść rozdziału pierwszego. Czytelnik poznaje dokładnie cały proces budowy oprzędu, zależność czynności od hormonów, rytmikę budowy, mechanizmy nią rządzące oraz związek ich z budową układu nerwowego gąsienicy. Rozdział drugi, poświęcony odruchom i prawom fizjologicznym obowiązującym w tych procesach, głównie na przykładzie doświadczeń z psem. Opisano procesy fizyczne i chemiczne zachodzące w neuronach i w układzie nerwowym. Dzięki wytworzeniu odpowiednich połączeń nerwowych dochodzi do skutku określone zachowanie się zwierząt. Związek odruchów z zachowaniem się jamochłonów stanowi treść trzeciego rozdziału, w którym przedstawiono odpowiednie powiązania w obrębie stosunkowo prostego układu nerwowego. Nawiązano tu do zachowania się skorupiaków i ślimaków. W rozdziale czwartym omówiono, w oparciu o wyniki najnowszych badań, 3 zmysły, a mianowicie: napięcia mięśniowego u skorupiaków, zmysł słuchu i równowagi u ssaków oraz zmysł wzroku u człowieka. Sprawność narządów zmysłowych oraz jej związek z zachowaniem się zwierząt stanowi treść piątego rozdziału, w którym omówiono działanie oka gołębia oraz zagadnienie fizjologii widzenia barw, zmysł barw pszczoł i mowę taneczną tych owadów. Przedstawiono

tu także specyficzne narządy elektryczne u ryb oraz zdolność odczuwania zmian w wytworzonym przez nie polu elektrycznym. Podobnie naszkicowano echolokację nietoperzy i sposób obrony ciem przed tymi latającymi ssakami. Króciutko poruszono zagadnienie nawigacji ptaków oraz obszerniej rolę wyzwalaczy w obyczajach zwierząt, a także związek narządów zmysłowych z mózgiem. Osobno wspomniano o procesach związanych ze słuchem u ssaków i o fizjologii nerwu wzrokowego żaby. Rozdział szósty zawiera wiadomości o procesie uczenia się. Punktem wyjścia są dane o przyzwyczajeniach, jako najprostszyc formach tego procesu, oraz o odruchach warunkowych Pawłowa. Z kolei następuje omówienie różnic tutaj zachodzących oraz związku pamięci z mózgiem. Wyróżniono tu pamięć krótkotrwałą i długotrwałą, a także krótko przedstawiono fakty dotyczące chemizmu procesów pamięciowych. W rozdziale siódmym autor rozpatruje zagadnienia motywacji w działaniach zwierząt, siłę popędów, samodrażnienie mózgu, wpływ hormonów na zachowanie się, zegar biologiczny, sen zimowy oraz zmiany w reaktywności zespołu neuronów. Ósmy rozdział poświęcony jest rozwojowi i genetyce zachowania się. Przedstawiono tu rozwój połączeń nerwowych na przykładzie żaby, z uwzględnieniem wyników transplantacji, a dalej rozwój lotu ptaków, wreszcie zagadnienie „imprinting”, które tłumaczka przełożyła jako „wpajanie”. Również rozwój śpiewu ptaków i rozwój zachowania się młodych małąp w stosunku do rodziców zostały tu poruszone. W rozdziale dziewiątym omówiono życie społeczne pszczoł, wpływ na nie hormonów, podział pracy u pszczoł, regulację temperatury w ulu oraz zjawisko rojenia się tych owadów. Przedstawiono także wyniki badań nad stowarzyszeniami mew i szympanów oraz zagadnienie regulacji liczebności populacji. Ostatni rozdział, dziesiąty poświęcony został ewolucji zachowania się w nawiązaniu do zagadnienia pochodzenia gatunków. Za przykład posłużyła ewolucja zachowania się różnych gatunków muchówek z rodzaju *Empis* i *Hilaria* oraz ewolucja tańców u różnych gatunków pszczoł — na podstawie wyników badań z ostatnich lat. Podkreślono związek zachowania się różnych gatunków łuszczaków z Galapagos z ich budową. Bardzo krótko naszkicowano kierunki ewolucji zachowania się na różnych szczeblach rozwoju świata zwierzęcego i na samym końcu nawiązano zachowanie się zwierząt do zachowania się człowieka. W całej swej książce podkreślił autor ważność badań nad zachowaniem się zwierząt dla biologii i samej zoologii. Według jego zdania, wyrażonego na wstępie, istnieją dwie drogi badań: ustalania praw rządzących zachowaniem się oraz analizy dziedziczenia zachowania, jego rozwoju i zależności od układu nerwowego. Oba zagadnienia uwzględnił autor w swej książce.

Recenzowana książka jest bardzo interesującym opracowaniem wiadomości dotyczących zachowania się zwierząt, opartym na wynikach badań najnowszych. Zagadnienia poszczególne przedstawione są w jasno sprecyzowanych rozdziałach i zilustrowane odpowiednimi rycinami i schematami, co umożliwia zrozumienie treści, miejscami dość zawiłej dla laika. Ryciny w oryginalnym wydaniu amerykańskim są przy tym dwubarwne, w polskim zostały przedstawione w wersji czarno-białej. Tłumaczenie dr Ireny Łukaszewskiej jest poprawne i fachowe. Można by tylko podyskutować na temat użycia niektórych terminów, np. czy nie lepiej zamiast „napęd”, użyć dawno znanego terminu „popęd” albo zamiast „przywykanie” na określenie „habituacji” użyć „przyzwyczajenie”. Sprawa ta wynika jednak z nieustalonej terminologii biologicznej, mimo prac jakie prowadziła swego czasu Komisja Słownictwa Biologicznego PAN. Na str. 195 zaznaczono, że na ryc. 75 i 76 małąpka przygląda się misiówi z zaciekawieniem. Tymczasem na ryc. 76 jest model jakiegoś owada, a nie miś.

Nie umniejsza to bynajmniej wartości samej książki, która zawiera wiele

najnowszych danych dotyczących zachowania się zwierząt, rozpatrywanych na tle budowy i fizjologii układu nerwowego. Ukazanie się jej w języku polskim należy powitać z uznaniem. Może ona służyć jako instruktywna, uzupełniająca lektura dla studentów wyższych uczelni, dla młodych naukowców i miłośników przyrody oraz osób interesujących się postęпами biologii lat ostatnich.

Roman J. Wojtusiak

Günter Tembrock: *Podstawy psychologii zwierząt*, Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1971, str. 228, cena zł 22.—.

Polskie piśmiennictwo zoopsychologiczne powiększyło się o nową pozycję wydaną w znanej i zasłużonej serii *Podstawy biologii współczesnej* PWN. Jest to książka stosunkowo nowa: jej drugie, rozszerzone wydanie oryginalne pojawiło się dwa lata temu. Autor, znany w świecie niemiecki psycholog zwierząt, dał się poznać jako twórca dzieł syntetycznych z zakresu swojej specjalności, przy czym — w przeciwieństwie do jego „*Verhaltensforschung*” — niniejsza książeczka może być pożyteczna. Nie należy ona wprawdzie do lektury łatwej, nie jest to bowiem „książka do czytania”, lecz raczej kompendium, przewodnik po zoopsychologii. Można ją polecać zaawansowanym czytelnikom, których biblioteka zawiera już elementarne „*Zachowanie się zwierząt*” V. G. Dethiera i E. Stellara i obszernie „*Biologiczne podstawy zachowania*” J. Altmana, jak też G. Viauda „*Instynkty*” i może „*Życie i obyczaje owadów*” R. Chauviną. Dla tych czytelników książeczka Tembrocka będzie cennym repetytorium, spisem tematów. Dla innych — może się stać „przekąską”: czytana roztrąpie, na raty, będzie zmuszała do pogłębiania wzmiankowanych spraw w innych, obszerniejszych dziełach, jak choćby w cytowanej książce Altmana. I jedni, i drudzy znajdą tu omówienie węzłowej w psychologii zwierząt sprawy zachowania się wrodzonego i nabytego — wraz z oryginalnym rozróżnieniem przez autora uczenia się koniecznego (obligatoryjnego) i fakultatywnego. Będzie to, jak na razie, jedyne w polskim języku źródło, w którym można znaleźć współczesne rozróżnienie tropizmów, kinez i taksji. Mimo skromnej objętości książki, można tu znaleźć pokaźny ładunek informacji o socjologii zwierząt — rzecz niebłaha wobec uporczywie wyczerpanej od wielu lat świetnej monografii A. Remanego „*Życie społeczne zwierząt*”. Autor zręcznie „wywinał się” ze sprawy psychologii zmysłów: pominął szczegóły, na które nie miał miejsca, omówił natomiast ich rolę sterowniczą — wraz z zasadą reiferencji. Tamtą lukę zapełnia zaś z powodzeniem świeżo wydany „*Świat zmysłów*” V. B. Dröschera.

Książka Tembrocka uświadamia czytelnikowi naocznie, że współczesna psychologia zwierząt, tak jak i inne działy biologii, wymaga ujęcia cybernetycznego. Nie brak w niej nawet wzoru Shannona na informację, choć gwoli prawdzie — robi on wrażenie „dopisanego” na siłę i nic z niego nie wynika. Żałośnie zaś wygląda jedna z towarzyszących mu konkluzji, że „procesy starzenia się żywych organizmów mają cośkolwiek wspólnego z poruszonymi tu problemami entropii” (podkreślenie moje, J.C.). Inna rzecz, iż nawet w najnowocześniejszych podręcznikach biologii ogólnej rzadko zdarza się znaleźć pojęcie „homeostazy” (u Tembrocka jest!), nie mówiąc już o drugiej zasadzie termodynamiki...

Drugą, drobną pretensję do autora nasuwa dyskusja zagadnienia terytorializmu (s. 169 i n.), gdzie dość zawoalowana jest (ss. 172—173) sprawa bronie-

nia, a przecież „terytorium — to każda strefa brzońska”, taka jest po prostu definicja!

Rolę kompendium czy repetytorium książka może spełniać pod jednym formalnym warunkiem: musi się posługiwać jednoznaczną terminologią. Ten wymóg został przez wydawcę zlekceważony w sposób wręcz skandaliczny. Działanie spełniające, konsumacyjne (czy zaspokajające), ang. consummatory behaviour (action) jest uporczywie nazywane czynnością końcową, co jest dosłownym tłumaczeniem niem. Endhandlung (ss. 42, 120, 149). Zamiast utartego terminu „sztywne wzorce zachowania się, ruchowe” (bądź „sztywnych schematów ruchowych”, ang. fixed action patterns) mamy ciągle „koordynacje odziedziczone” lub „ruchowe” od niem. Erbkoordination (ss. 45, 127). Nie wiadomo zaś nawet, skąd się wzięły „bodźce podstawowe” zamiast bodźców kluczowych lub wyzwalających (ss. 45, 127, 223), choć tłumacze cytują nawet niemiecką formę abschaltende Reize (s. 48) i Schlüsselreize — acz z błędem, bez tzw. przegłosu (Umlaut; s. 45). Niezbyt szczęśliwe jest, mimo iż spotykane w polskim piśmiennictwie tłumaczenie angielskiego terminu spikes — niepotrzebnie zresztą stale podawanego w nawiasie — na potencjał szczytu lub szczytowy — ba, bodziec szczytu! — zamiast zwykłego potencjału iglicowego (ss. 82, 83, 84, 85). Równie zbędne było tworzenie niefortunnego polsko-łacińskiego przymiotnika „circadianowy” na określenie rytmiki okołodobowej (w ostateczności „cirkadialnej”; ss. 93, 110, 111, 179), podobnie jak synchronizatory (Zeitgebern) nie są gorsze od lansowanych „wskaźników czasu” (ss. 110, 177). Angielski termin „display” (s. 182) powinien być się znaleźć w nawiasie obok poprawnego polskiego „imponowania”, tak jak używano tego pojęcia w innych miejscach (ss. 50, 186 i in.). Zupełnie bałamutna jest informacja (s. 78), że ang. imprinting — to „naśladowanie”, choć sami tłumacze podali dalej (s. 116) poprawny termin, „wpajanie” (szczęściem nie „reakcję piętna”, którą napiętnowano całą książkę Altmana!).

Gdyby ktoś sądził, że te uchybienia dotyczą tylko mniej znanych terminów, ściślej zoopsychologicznych (choć wypadaloby, aby i one były podane poprawnie w książce bądź co bądź zoopsychologicznej!), to jego wątpliwości rozwieją się z lekturą tekstu o uczeniu się, a który nie wiadomo dlaczego bywa traktowany synonimicznie jako tekst o nauczaniu (ss. 115, 118). I znów (s. 119) ang. termin „habituation” powinien być się znaleźć w nawiasie obok polskiego przyzwyczajania lub przywykania, albo wreszcie spolszczonej — habituacji. Kto zgadłby, że „odłożone reakcje”, to reakcje odroczone (s. 155), jak to zresztą gdzie indziej (ss. 140—141) podano poprawnie, gdyby nie angielski synonim, delayed reaction?

J. Żabiński dawno już przyswoił pojęcie dystansu osobniczego i nie ma zaiste powodu przemianowywać go na dystans indywidualny (ss. 167—171); zresztą i poprawną nazwę też znajdujemy w tekście (ss. 187—188). Gorzej, bo już gąfą zatracą „schemat blokujący albo połączeń blokujących”, kiedy rysunek przedstawia po prostu schemat blokowy działania pewnych połączeń (rys. 15, 16). Także nurce (*Puffinus*), to ang. puffins, czyli maskonury (*Fratercula arctica*) (s. 102); zamiast zaś „zwodniczej skrzynki” na określenie ang. puzzle box wolelibyśmy widzieć „skrzynkę problemową”.

Oprócz tych pretensji terminologicznych można wysunąć kilka dotyczących niefortunnego tłumaczenia pewnych zwrotów. Tak np. Eigenmotivation — to właściwa motywacja, a nie „wewnętrzna” (s. 43), gdyż motywacja zwykle bywa wewnętrzna (choć nie zawsze). Specific action potential, SAP, termin angielskich badaczy Thorpe’a i Hinde’a należałoby po pierwsze podać w brzmieniu angielskim, a nie niemieckim (s. 53); po wtóre zaś zresztą jako polski odpowiednik brzmiałby „specyficzny potencjał działania” niż użyty „akcja”. Passus (s. 105), że

„młode ptaki zatrzymują przy takim przewiezieniu obrany kierunek, lecą więc równolegle (one-direction-orientation, znajdowanie kierunku)” jest zdecydowanie niefortunny; ptaki te przy takim przewiezieniu zachowują obrany kierunek, wykazują tzw. orientację jednokierunkową (one-direction-orientation)! Płaty boczno-czołowe wydają się lepsze od „boczno-frontalnych” (s. 140). Można też się zastanawiać, czy nie właściwsza byłaby „egzaferencja” od używanej w książce „eksaferencji” (s. 74 i n.). Lepiej też unikać terminu „oczka proste” — mogącego określać larwalne *stemmata* — a stosować jednoznaczne „przyoczka” (*ocelli*) (s. 113).

W paru miejscach słuszne byłoby użyć polskiej nazwy, obcojęzyczne terminy przenosząc do nawiasu — a więc: pojęcie „prób i błędów” (trial and error) (s. 156), tzw. czynnik muszy (fly factor) — pominięty zresztą przez niedopatrzenie korektora, gdyż w obecnym brzmieniu zdanie nie ma dopełnienia bliższego (s. 1169), zachowanie się allelomimetyczne (allelomimetic), epimeletyczne (epimeletic i et-epimeletyczne (et-epimeletic) (s. 189) — choć w tym ostatnim przypadku ciekawsze od terminów angielskich byłyby greckie źródłosłowy. W ogóle bez szkody dla tekstu, a nawet z korzyścią dla przejrzystości można by pominąć wiele obcych synonimów: komu na przykład potrzebna wiadomość, że motywacja właściwa to *Eigenmotivation* (s. 43), ogólna gotowość to *Gesamtbereitschaft* (s. 44), czynności wywołane przez wgląd — *Einsichtshandlungen* (s. 45), hamowanie aferentne to *afferente Drosselung*, ruchy pozorne — *Scheinbewegungen* (s. 48), ruchy ekspresyjne to *Ausdruckbewegungen* (s. 49) itp. (ss. 50, 60, 65, 67, 85, 130), tak jak zbędne jest ciągle cytowanie nawet specjalnych terminów obcych — w rodzaju *consummatory act* (s. 149).

Wszystko to są fatalne owoce niepojętej dla niewtajemniczonego, czyli zwykłego pracownika nauki, a nie wydawcy, polityki wydawania książek naukowych bez redaktora naukowego z danej dziedziny nauki, a której to polityce uległa większość z cytowanych przeze mnie pozycji z zakresu nauk behawioralnych — z wyjątkiem G. Viauda i R. Chauvina. Trzeba bowiem dodać, że — wbrew tajemnym życzeniom wielu — sama znajomość zoologii nie pociąga za sobą automatycznie „fachowości” zoopsychologicznej. Nie należy też ulegać złudnym pozorom stwarzanym przez ludzi, jakoby każdy „rozumiał duszę zwierzęcia”. Psychologia zwierząt bowiem dość dawno temu wzięła rozbrat z fantazją i stała się nauką. To zaś pociąga niefortunną konieczność, że chcąc głosić z jej zakresu jakiegokolwiek sądy — należy się na niej znać i trzeba posługiwać się jej językiem. Nieznajomość zaś jednego czy drugiego nie przynosi nikomu ujmy jeśli się nie stwarza pozoru stanu przeciwnego, tak jak autorowi niniejszego nikt dotychczas nie czynił zarzutów z tego powodu, że nie zna się na radiotechnice. Dla uspokojenia zaś czytelników wydawniczych należy dodać, że przytoczone błędy mogłyby zostać usunięte w ramach tzw. korekty naukowej, której koszty nie przekroczyłyby zapewne trzystu złotych. Konsekwentne zaś jej stosowanie — oczywiście przez specjalistów z danej dziedziny — mogłoby doprowadzić do tego, że „Schlüsselreiz”, „vacuum activity”, „imprinting” itp. we wszystkich książkach w języku polskim nazywane byłyby tymi samymi, jednakowymi odpowiednikami. Trudno zaś przecenić znaczenie takiego stanu rzeczy. Należy wyrazić nadzieję, że rychło pojawienie się drukiem polsko-angielskiego i angielsko-polskiego słownika terminów stosowanych w naukach behawioralnych, autorstwa doc. dra S. Sołtysika, chociaż częściowo przybliży do nas ten wymarzony czas.

Książka Tembrocka jest wydana porządnie pod względem technicznym. Ryunki czyste, we właściwym położeniu, czcionka wyraźna, papier dobry. Mogłoby być natomiast mniej tzw. „literówek”. Oprócz wspomnianego już przegłosu w *Schlüsselreiz*, *oesophagus* (s. 62) powinien być napisany małą literą, zdanie na

s. 95 nabrałoby sensu, gdyby nawias z za wyrazu „optymalny” przenieść za „błądzące”; mówimy o „orientacji bliskiej” (s. 95), a nie o „orientacji bliskich”, zamiast „trude” (s. 105) powinno być „true”, *Philanthus* — to oczywiście taszczyń, a nie „tarczyn” (s. 131), zamiast „enegramów” (s. 137) powinno być „engramów”, insight zamiast inside (s. 159). Mutuelle attraction (s. 167) jest oczywiście po francusku, a nie po angielsku — jak podano, zamiast dimorficzne przyjęte jest używać słowa dymorficzne (s. 191); wzięli się (s. 190) to typowy błąd korektorski. Inaczej nieco z nazwiskami. Wprawdzie Pittendrigh (s. 138) już pod rys. 26 został poprawnie zacytowany: Pittendrigh, ale Pennycuick nie ma takiego wzorca i figuruje błędnie jako Pennyciuck (s. 104). Nie każdy też wie, że zamiast Harkera (s. 109) powinno być Harker, gdyż chodzi o kobietę, tak jak w przypadku Ładyginy-Kohts (s. 161) — o czym wszakże już można było wnosić ze spisu piśmiennictwa.

To nas prowadzi do sprawy ostatniej: cytowanych nazwisk i literatury. Można tylko ubolewać, że odstąpiono od dotychczas stosowanej praktyki uzupełniania wykazu piśmiennictwa publikacjami w języku polskim. Co więcej, pozycje w oryginale angielskie (np. L. i M. Milne'ów, N. Tinbergena) przytoczono (s. 227) w tłumaczeniu niemieckim, zaś prace radzieckie (jak Słonima, s. 227) czy źródła rosyjskie (np. Biul. moskowsk. Obszcz. Ispyt. Prirody — s. 89) podano w niemieckim tłumaczeniu tytułów. A przecież „aż się prosiło”, by zamieścić polskie wydanie z 1966 — z tej samej serii „Podstaw biologii współczesnej”! — książeczki Dethiera i Stellara, zamiast niemieckiego wydania (s. 226), polskie wydanie pracy N. Ładyginy-Kohts „Zaczątki ludzkiego myślenia” w dziele zbiorowym „Materiały do nauczania psychologii” ser. I, t. 2, W-wa; PWN, 1969, ss. 307—403 — zamiast niemieckiego cytatu rosyjskiej pracy (badającej tej samej), nie mówiąc już o I. P. Pawłowa „Wykładach o czynności mózgu” (W-wa, PZWL, 1951) i „Dwudziestu latach badań wyższej czynności nerwowej (zachowania się) zwierząt” (W-wa, PZWL, 1952) — zamiast wydania niemieckiego (s. 227) — a o których, jako nie wydanych przez PWN, redakcja mogła zasięgnąć informacji z powszechnie dostępnego opracowania, jakim jest „Wielka Encyklopedia Powszechna” PWN. t. 8, W-wa, 1966, s. 534 (hasło: „Pawłow”). W tym samym duchu byłoby też włączenie tu do spisu literatury owej — tak wciąż nielicznej przecież i, jak widać, mało w Polsce znanej — w języku polskim: a więc przytoczonych na początku niniejszej recenzji pozycji, dalej nowszych V. B. Dröschera, jak cytowana o zmysłach oraz „Instynkt czy doświadczenie”, tomików „Biblioteki Problemów” nr 143 pt. „Środowisko a życie psychiczne” (nb. tam „imprinting” po polsku nazywa się „wdrukowaniem”) i nr 157 „Psychofizjologia” (tam znów „Schlüsselreize” — to „bodźce sygnałowe”), J. Żabińskiego „Porozumienie ze zwierzęciem” i artykułów w „Materiałach do nauczania psychologii” i tamże artykułu drugiego polskiego zoopsychologa, R. J. Wojtusiaka. Tu powinny się również znaleźć D. R. Griffina „Widzenie w ciemności” (W-wa, WP, 1962) oraz „Wędrowki ptaków” (W-wa, WP, 1967), „Mowa zwierząt” H. i M. Frings (W-wa, PWN, 1968) i wiele, wiele innych — aż po „Zachowanie się zwierząt” W. G. Van Der Kloota (W-wa, PWN, 1971), które zasługuje na osobną recenzję.

Jerzy Andrzej Chmurzyński

ONTOGENEZA A TEORIA INFORMACJI*

W ostatnich czasach wzrosło niezwykle zainteresowanie tworzeniem ogólnej teorii rozwoju indywidualnego (ontogenezy) z wykorzystaniem danych zgromadzonych nie tylko przez klasyczną embriologię, ale również przez inne, nowe gałęzie wiedzy — biologię molekularną i teorię informacji. Dowodzi tego chociażby zbiór prac sympozjum, niedawno przetłumaczony na język rosyjski, którego tematem była biologia teoretyczna i gdzie przedstawione są prace znanych biologów, biofizyków, fizyków i matematyków, próbujących nakreślić kierunki zmierzające do rozwiązywania problemów tego typu. Przewodniczący sympozjum, a zarazem redaktor angielskiego wydania, wybitny embriolog i genetyk Waddington w referacie wstępnym zwrócił uwagę na jeden z najważniejszych problemów embriologii — współzależność pomiędzy genotypem (zbiorem struktur dziedzicznych organizmu) i fenotypem (zbiorem jego cech charakterystycznych).

Problem podstawowy został zilustrowany przez Waddingtona przy pomocy paradoksu pogładowego. Jest rzeczą znaną, że zgodnie z teorią informacji ilość informacji w kanale łączności idącej od nadajnika do odbiornika może jedynie się zmniejszać, lecz nigdy wzrastać. Tymczasem, jak stwierdził ten ogólnie poważany embriolog i genetyk: „z punktu widzenia zdrowego rozsądku jest oczywiście, że królik biegnący po polu zawiera znacznie większą ilość informacji, niż świeżo zapłodniona królicza komórka jajowa”. Skąd powstała ta nadwyżka informacji? Waddington słusznie wątpi w to, że „dorosły królik mógł otrzymać dodatkową informację ponad tą, która zawarta jest w zygocie poprzez zjadaną przez niego trawę”. Czyż można w ogóle stosować teorię informacji dla opisu procesów tego typu?

Wiele chaosu w umysłach biologów spowodowało utożsamianie informacji z entropią. Nie mało też błędów pociągnęło za sobą nieściśle sformułowanie Schrödingera¹ mówiące o tym, że organizmy „czerpią swoje uporządkowanie ze środowiska otaczającego”, że żywią się one negentropią. Gdyby tak było naprawdę, to królik Waddingtona rzeczywiście otrzymałby informację ponad tę, którą zawierała jego zygota poprzez zjadaną przez siebie trawę. Jednakże sprawa ta wygląda zupełnie inaczej. A. G. Pasynskij² polemizując z Schrödingerem wygłosił pogląd, że całe to uporządkowanie organizmu jest „domorośle”. Obcego uporządkowania organizm nie potrzebuje. Mało tego, wszelkimi sposobami walczy on z tym i to jest właśnie powodem odrzucania przeszczepów narządów i tkanek. Pokarm w żołądku i jelitach tego właśnie królika całkowicie traci swoje uprzednie uporządkowanie, białka rozszczepiają się do aminokwasów, złożone węglowodany rozpadają się na monosacharydy. A więc, krótko mówiąc, organizm otrzymuje od pokarmu nie uporządkowanie, jest ono jemu niepotrzebne, lecz wolną energię z niskoentropijnych związków nisko molekularne i na jej rachunek organizm tworzy swoje uporządkowanie w postaci jemu tylko właściwych białek. Chociaż organizmy mogą asymilować z pokarmu związki nisko-molekularne (te właśnie aminokwasy, witaminy, hormony), są one dla nich równie

* Priroda, nr 7, 1971. Artykuł przedrukowany ze znacznymi skrótami, odsyłamy zainteresowanych czytelników do oryginału.

¹ E. Schrödinger — Czym jest życie z punktu widzenia fizyki? IL, 1947.

² A. G. Pasynskij — Chemia biofizyczna. M., 1963.

niespecyficzne, jak atomy tlenu i azotu. Cząsteczki ATP wyizolowane z bakterii, mięśni człowieka, bądź też syntetyzowane sztucznie nie różnią się od siebie. Lecz nas interesuje właśnie specyficzna informacja, która odróżnia królika od każdego innego obiektu. Hydrolizat z białek królika rozszczepionych do aminokwasów niczym nie różni się od analogicznego hydrolizatu z lisa prześladowającego królika.

Niekiedy mówi się, że aminokwasy, cukry i inne niskomolekularne związki są uporządkowane i zawierają informację. Jednakże organizmy należące do różnych gatunków utrzymywane na jednakowej diecie (np. różne gatunki drobnoustrojów hodowane na identycznych pożywkach z mieszanek aminokwasów) zachowują ściśle swoją specyficzność. Mało tego, przebudowują one czerpane z zewnątrz aminokwasy zgodnie ze swoimi potrzebami.

Ostatni wreszcie, równie rozpowszechniony błędny pogląd dotyczy utożsamiania informacji z uporządkowaniem, negentropią. Miernikiem uporządkowania może być informacja, lecz nie można wielkości tych utożsamiać. Mówiąc ściśle, informacja nie jest charakterystyką systemu, lecz sygnału, a dokładnie związkiem między sygnałem a odbiornikiem.

Tak więc porządek i informacja nie są synonimami. Sam termin „informacja” sugeruje istnienie związku pomiędzy wiadomością a odbiorcą tej wiadomości, między sygnałem a odbiornikiem. Inna sprawa to uporządkowanie, porządek. Jest to obiektywna charakterystyka obiektu.

Możemy ściślej sformułować paradoks Waddingtona: czy zapłodniona komórka jajowa królika zawiera pełny zasób informacji niezbędnej dla budowy całego uporządkowania dorosłego fenotypu, czy też jakaś część tego uporządkowania w nieznanym nam bliżej sposób powstaje z chaosu warunków zewnętrznych?

Zgodnie z teorią preformacji w procesie ontogenezy rzeczywisty rozwój nie zachodzi. Obserwuje się jedynie wzrost posiadanych już narządów. Uporządkowanie komórki jajowej (lub plemnika) równa się uporządkowaniu dorosłego fenotypu. Vallisneri doprowadził teorię preformacji do logicznego kresu, zaopatrując ją w sformułowania, z których wynikły absurdalne wnioski. Tak więc „gotowy” zarodek, znajdujący się w komórce jajowej, jak uważają owiści, lub w plemniku — jak twierdzą animalkuliści, winien posiadać własne organy generatywne zawierające następne pokolenia zarodków i tak dalej do nieskończoności (teoria wkładów, lub teoria „matrioszek”). Rozmiary zarodków włożonych jedne w drugie powinny zmniejszać się w postępie geometrycznym i po niewielkiej już liczbie pokoleń dojść do wielkości subatomowych. Zgodnie z teorią epigenetyki uporządkowanie dorosłego organizmu jest wyższe, niż uporządkowanie komórki jajowej wskutek dopływu informacji ze środowiska zewnętrznego.

Nie trudno zauważyć, że teoria epigenetyki doprowadziła do podobnego, aczkolwiek może nie tak oczywistego absurdu, jak teoria preformacji. Jak podkreślił Rowen — tworzenie się uporządkowania z początkowego chaosu jest możliwe jedynie na skutek obecności jakiegoś czynnika porządkującego. Bez niego porządek z nieporządku nie może powstać, jest to sprzeczne z drugim prawem termodynamiki.

Absurdalna teoria „wkładanych zarodków” i „matrioszek”, albo mniej lub bardziej zakamuflowany witalizm — oto alternatywy stojące przed embriologami.

Ten dylemat nie do rozwiązania stojący przed embriologią został rozstrzygnięty przez matematyka — von Newmana. Uczony ten przeanalizował problem budowy samoreprodukującej się maszyny, która mogłaby wytwarzać urządzenia identyczne.³ Projekt Newmana w tej postaci, w jakiej był proponowany nie

³ Von Newman — We wstępie do książki A. Tewringa „Czy maszyna może myśleć”? Fizmatgiz, M. 1960.

został zrealizowany, gdyż taka maszyna nie jest nikomu potrzebna. Maszyna Newmana zbudowana jest z bloków elementarnych rozmaicie połączonych i jest kierowana przy pomocy kolejnych rozkazów zapisanych na taśmie (hipotetyczna maszyna Turinga). Jeżeli rozkazy zawierają opis tej właśnie maszyny, wówczas zbuduje ona z bloków elementarnych swoją dokładną kopię. Jednakże powstała maszyna „córka” nie jest zdolna do samoreprodukcji, gdyż nie posiada taśmy z programem. Żeby zapewnić „zmianę pokoleń” należy maszynę zaopatrzyć w urządzenie kopiujące taśmę oraz wprowadzające kopię, która zawiera uporządkowane rozkazy do drugiej maszyny i tak dalej, do nieskończoności. Innymi słowy, von Newman udowodnił z całą oczywistością, że w ontogenezie niezbędne są dwie różne operacje — kopiowanie genotypu (autosynteza) i budowa fenotypu. W przyrodzie żywej rolę taśmy spełnia podwójna spirala DNA.

Von Newman wprowadził także ważne pojęcie tzw. „złożoności krytycznej”. Aby maszyna mogła kopiować sama siebie, innymi słowy, by złożoność maszyny „córkę” była równa złożoności „matczynej”, niezbędne jest posiadanie przez tę ostatnią nie mniej, niż 10^4 elementów. Przy ilości elementów N pojemność informacyjna systemu $I = N \log_2 N$. Jeżeli $N = 7 \cdot 10^4$ to $I = 1,12 \cdot 10^6$ bitów. Genom pałeczki okrężnicy zawiera około $3 \cdot 10^6$ bitów informacji, co oznacza, że chromosom tej bakterii znajduje się prawdopodobnie na granicy złożoności krytycznej, niezbędnej dla odtwarzania fenotypu.

Tak więc pełna informacja niezbędna dla budowy uporządkowania fenotypu jest zawarta w genotypie. Ten punkt widzenia jest niekiedy utożsamiany z teorią preformacji. Istnieje już nawet termin „neopreformizm”. Jest to jednak błąd; jeżeli identyfikujemy teorię ontogenezy z preformizmem musimy również utożsamiać genom z fenotypem, sygnał o zdarzeniu z samym zdarzeniem. Jest to równie absurdalne, jak utożsamianie przepisu z książki kucharskiej z obiadem. Teoria genetyczna jest raczej udoskonalonym wariantem epigenezy, gdzie rolę czynnika porządkującego odgrywa nie mistyczna entelechia, lecz zupełnie realny związek chemiczny — kwas dezoksyrybonukleinowy.

Powstaje jednakże pytanie — czy można w systemie liniowym zakodować instrukcję budowy struktury bardziej skomplikowanej? Zagadnienie to, pozornie o dużym znaczeniu, w rzeczywistości okazuje się naiwne. Złożone trójwymiarowe struktury dają się łatwo zakodować przy pomocy dwuwymiarowych wykresów, jednowymiarowy zapis koduje przebieg dwuwymiarowej partii szachowej w trzecim wymiarze — czasie. I wreszcie przy pomocy napisanego na papierze równania można opisać tor punktu b w n -wymiarowej przestrzeni, gdzie wielkość n może być nieograniczona. Nawiązując do rozwoju organizmu oznacza to, że wszystkie trójwymiarowe struktury cząsteczek białka, organellów komórek, samych komórek i organów powstają w wyniku określonej kolejności nukleotydów i DNA.

Drugi kontrargument przeciwko genetycznej teorii ontogenezy jest bardziej istotny — a więc, czy objętość zawartej w DNA informacji jest wystarczająca dla budowy uporządkowania fenotypu? Jest rzeczą oczywistą, że do tego jest niezbędne: a) oszacowanie objętości informacji genetycznej; b) zrobienie tego samego dla informacji fenotypowej i porównanie tych dwóch wielkości. Spróbujmy to uczynić. Na wstępie należy podkreślić, że jesteśmy przekonani, iż uporządkowanie fenotypu i informacja potrzebna do opisu tego uporządkowania jest wielkością bardzo dużą, większą, niż uporządkowanie zygoty. Należy porównywać nie komórkę jajową z organizmem, lecz genom z organizmem. Oprócz informacji zawartej w genomie należy wziąć pod uwagę również informację pochodzącą z innych zdolnych do replikacji struktur. Do nich należą oprócz chromo-

somów jądra, DNA mitochondriów zwierząt i DNA chloroplastów roślinnych. Są też pewne dane pozwalające przypuszczać, że DNA występuje także w strukturach kortykalnych, w ściankach komórkowych i w szeregu innych organellów pierwotniaków.

Rozmiary genomu wzrastają w procesie ewolucji nie mniej niż o 5 rzędów wielkości — 100 000 razy. Według danych Drake⁴ w genomie jednego z najprostszych fagów (fag lambda) występuje $4,8 \cdot 10^4$ par zasad. U bardziej złożonego faga T4 jest ich już więcej, $1,8 \cdot 10^5$. Jak było uprzednio powiedziane, genomy bakterii powinny już w zasadzie zabezpieczać samoreprodukcję i odpowiadać zasadzie „złożoności krytycznej” von Newmana. Genom grzybka pleśni *Neurospora crassa* zawiera $4,5 \cdot 10^7$ par nukleotydów, dla drosophili wielkość ta jest jeszcze wyższa ($2,0 \cdot 10^8$). Wreszcie genom człowieka zawiera już $2,0 \cdot 10^9$ par nukleotydów. Wielkość ta odpowiada wielkościom cytowanym przez Rowena dla ssaków — $6 \cdot 10^9$ bitów.

Jakiej objętości informacji odpowiadają te liczby? Przy obliczeniach należy uwzględnić, że interesuje nas objętość informacji nie w parze nukleotydów, lecz w tryplecie. Wprawdzie jeżeli informacja jest szczytywana z genów rybosomowej i transportującej RNA, a kod genetyczny jest nierównomierny, przekodowanie nie zachodzi. Na jedną literę informacji przypada od 3 do 1 sygnałów podstawowych. Jednakże udział w genomie cistronów RNA rybosomów i RNA informacyjnej nie jest chyba większy niż 5%, dlatego też możemy uważać, że cyfra kodowa jest zbliżona do 3. Tak więc w genomie fagu T4 znajduje się około 60 tys. trypletów, zaś w genomie człowieka 660 mln trypletów. Jaka objętość informacji przypada na tryplet? Jeżeli uwzględnimy cały szereg czynników ograniczających (dyspersję DNA względem zestawu nukleotydów, różny stopień degeneracji kodu, nierównomierność występowania aminokwasów w białku, możliwość zachodzenia bliższych i dalszych związków pomiędzy aminokwasami w kolejności polipeptydów) otrzymamy liczbę nieco większą niż 2 bity na tryplet ($2,17$ — $2,38$ bitów)⁵. Wielkość ta pomnożona przez ilość trypletów daje monstrualnie dużą objętość informacji. Różnica 5 rzędów wielkości między fagiem a człowiekiem może wydawać się niezbyt wielka, lecz nie należy przy tym zapominać, że informacja jest proporcjonalna do logarytmu opisywanej różnorodności. Stosunkowo niewielkie zwiększenie informacji daje w efekcie systemu nieskończone bardziej skomplikowane.

Wpływa stąd ważny wniosek: zapas informacji znajdujący się w DNA genotypu pozwala na stworzenie uporządkowania niezwykle skomplikowanego fenotypu. Nie ma potrzeby sięgać do dodatkowego źródła informacji, jakim jest kortykalna warstwa komórki jajowej, jak to przypuszczał Rowen lub uważać, że sygnały idące z cytoplazmy do jądra również są źródłem informacji. Istnieją hipotezy słuszne i niesłuszne, lecz najgorszą kategorią hipotez są hipotezy niepotrzebne. Do takich należy zaliczyć wszelkie sądy o tym, że DNA jest niewystarczający jako źródło informacji.

Ponadto wyraźnie zarysowuje się problem tzw. „zbędnego” DNA, którego jest w genomie o wiele więcej, niż jest to potrzebne dla utworzenia uporządkowania fenotypu. E. Mayr⁶ wskazuje na to, że według najbardziej nawet hojnych ocen drosophila lub mysz posiada nie więcej niż 50 tys. genów, tymczasem DNA wystarczy na 5 mln. Nawet przy 10-krotnym zwiększeniu tej ilości — 90% apa-

⁴ J. W. Drake, „Nature”, v. 221, 1969, p. 1132.

⁵ B. M. Miednikow — DNA a teoria informacji. W druku.

⁶ E. Mayr — Biologiczieskoje znaczenie wida. „Priroda”, 1970, nr 5, str. 48.

ratu genetycznego nie posiada ujawnionej funkcji. Niekiedy wprowadzie czynione są próby udowodnienia jednakowej roli w procesach genetycznych cytoplazmy i genomu, przy pomocy następującego, na pierwszy rzut oka przekonującego, dowodu. Jeżeli przesadzimy do komórki z zabitym jądrem diploidalne jądro innego rodzaju, żaden rozwój nie zachodzi, gdyż oczywiście jest, że brakuje w genomie wystarczającej ilości informacji. Jednakże jeżeli nie jestem w stanie czytać w oryginale książki w języku chińskim nie znaczy to, że nie zawiera ona informacji, po prostu informacja ta nie jest dla mnie dostępna. Tak samo więc i informacja genomu odczytywana jest w komórce za pomocą specyficznych dla niej enzymów (np. RNA-syntetazy), które, choć znajdują się w cytoplazmie, zbudowane są zgodnie z instrukcją płynącą z genomu. A więc stwierdzenie to po prostu nie odpowiada rzeczywistości. Znane są obecnie doświadczenia polegające na wprowadzeniu całkowicie odbiałczonych kwasów nukleinowych do komórek żywiciela, gdzie ich informacja zostaje prawidłowo odczytana przy pomocy właściwych enzymów (tym właśnie tłumaczy się patogenność wirusów). I wreszcie w świetnym eksperymencie B. L. Astaurowa, gdzie komórki jajowe jedwabnika mrowowego o jądrach zniszczonych szokiem termicznym, zostały zapłodnione plemnikiem pochodzącym z innego gatunku — dzikiego jedwabnika, dawały w efekcie osobników identycznych z jedwabnikiem dzikim. Dowodzi to, że informacja zawarta w genomie jednego gatunku może być odczytana przez cytoplazmę komórki jajowej drugiego gatunku określając cechy specyficzności gatunkowej powstającego w efekcie organizmu.

Zagadnienie dotyczące ilości informacji potrzebnej dla określenia uporządkowania fenotypu jest jeszcze bardzo słabo zbadane. Przybliżone oceny są ogromnie rozbieżne. Oto szereg przykładów: Dankow i Kaster szacują fenotypową informację organizmu ludzkiego na 10^{12} — 10^6 bitów, niekiedy — 10^{25} bitów. Morowic dla fenotypu bakterii otrzymał $5,6 \cdot 10^{11}$ bitów. Linszic dla tego samego obiektu $4 \cdot 10^{12}$ bitów.

Zajmijmy się obecnie złożonością fenotypu organizmu wielokomórkowego. Na pierwszy rzut oka jest on o wiele bardziej skomplikowany niż fenotyp bakterii. Lecz w rzeczywistości wcale tak nie jest; włącza się tu do akcji nowy czynnik — nadmiar informacji fenotypowej.

Nadmiar ten obserwuje się już na poziomie wewnątrzkomórkowym, np. cząsteczki enzymu zakodowane przy pomocy jednego genu są praktycznie jednakoowe. W jeszcze większym stopniu zjawisko to dotyczy informacji na poziomie komórkowym. Cytowany już wyżej Rowen stwierdza, że: „u jakiegoś zwierzęcia, np. konia znajdują się miliony komórek wątroby, przy czym wszystkie one są zbudowane według jednego wzorca i jak wiemy, posiadają jednakowe właściwości”. Można wątpić w to, czy cały nakład wydanej książki zawiera więcej informacji niż jeden jej egzemplarz, w przeciwnym wypadku praca cenzora byłaby niemożliwa.

Von Newman⁷ wskazuje na to, że przy nadmiarze w stosunku 60 tysięcy do 1 i przy prawdopodobieństwie błędu w każdym elemencie 0,02, prawdopodobieństwo błędu przy budowie całego systemu równa się 10^{-20} . Ogromny nadmiar przy budowie fenotypu czasami powoduje zaskakujące podobieństwo u bliźniąt, do odcisków palców i predyspozycji do najrozmaitszych chorób włącznie. Jest rzecz ciekawą, że przy ogromnej różnorodności drobnych szczegółów w strukturze ogromną zbieżność posiadają wszystkie łączne charakterystyki procesów — elektrokardio- i elektroencefalogramy, odruchy warunkowe, a nawet charakterystyki pisma.

⁷ H. H. Newman — The biology of Twins (Mammals), Chicago, 1917

Powyższe stwierdzenia przekonują nas, że ilość informacji w genotypie nie koduje całego uporządkowania fenotypu, informacja fenotypowa jest w dużym stopniu nadmierna. Dowodzi tego bardzo wysoka korelacja między poszczególnymi cechami. Korelacje tego typu znajdują szerokie zastosowanie w paleontologii od czasów Cuviera.

I. I. Szmahauzen, który jako jeden z pierwszych zastosował teorię informacji do analizy związków zachodzących pomiędzy genotypem a fenotypem, zwrócił uwagę na to⁸, że jest kilka powodów, by informacja genotypu przewyższała pod względem objętości informację fenotypu. Widocznie najistotniejszym tego powodem jest posiadana przez organizmy zdolność do regulacji.

Istnieją w zasadzie dwie drogi kierowania — sprzężenie zwrotne oraz kierowanie stanem końcowym systemu. Jeżeli w procesie rozwoju brak przypadkowych oddziaływań — obie drogi są identyczne. Kierowanie sprzężeniem zwrotnym nie jest tylko syntezą indukowaną. Genetycy nazywają ten proces dziedzicznością normy reakcji. Fenotypy wielu roślin i zwierząt mogą ulegać ogromnym zmianom podporządkowując się działaniu induktorów środowiska zewnętrznego. Jednakże we wszystkich tych przypadkach sygnał z zewnątrz dyktuje tylko jeden z wariantów rozwoju. Całokształt tych wariantów jest zaszyfrowany w strukturze DNA. Dlatego też w danym przypadku fenotyp można przyrównać do nawodnej części góry lodowej, która stanowi tylko nieznaczny procent części podwodnej — struktury genotypu, która nie została wyrażona w fenotypie. Oczywiście nikomu nie można zakazać uważać, że indukowane powstawanie cechy jest wynikiem przyswojenia informacji postępującej z zewnątrz. Nie należy jednak zapominać, że jeżeli w genotypie nie ma np. cystronu zasadowej fosfatazy żadne czynniki zewnętrzne nie są w stanie indukować syntezy tego enzymu.

Druga droga kierowania (stanem końcowym organizmu) jest również szeroko w przyrodzie rozpowszechniona. Do tej kategorii można zaliczyć zamianę wczesnych struktur na definitywne (np. zamiana chrząstki na kość).

Drugim powodem sprawiającym, że informacja genetyczna powinna objętościowo przewyższać informację fenotypową jest poliploidalność zygoty. Poza niewielkimi wyjątkami organizmy zaopatrzone są w dwa lub więcej garniturów genowych, z których realizowane są tylko cechy dominujące. Geny odpowiedzialne za cechy recesywne są zablokowane (nie licząc wypadków dominacji niepełnej), lecz tkwią w genomie, ponieważ ujawniają się w potomstwie.

Nie należy wreszcie zapominać, że w procesie powstawania fenotypu część informacji genetycznej zostaje po prostu bezpowrotnie stracona na skutek szumów środowiska zewnętrznego i tylko ogromna jej nadwyżka pozwala organizmowi zakończyć swój rozwój. Za zakłócenia te niekiedy przyjmuje się strumień informacji płynący ze środowiska zewnętrznego. Jest to raczej błędny pogląd.

Reasumując powyższe, możemy wyciągnąć wniosek, że informacja fenotypowa może być porównywana pod względem objętości z informacją genotypową u takiego tylko organizmu, który nie jest zdolny do adaptacyjnej regulacji, posiadającego haploidalny garnitur genowy i który rozwijał się w izolacji od świata zewnętrznego. Jednakże należy wątpić, by organizmy tego typu w ogóle istniały.

W świetle tych wywodów należy także rozpatrywać tzw. prawo biogenetyczne Müllera — Haeckla — „ontogeneza jest skróconym powtórzeniem filogenezy”. Biologowie końca XIX i początku XX wieku w przeważającej większości nie

⁸ I. I. Szmahauzen — Kibernetičzieskije woprosy biologii. W sb. Kibernetika w monografiach, t. 4, Novosibirsk, 1963.

wątpili w słuszność tego twierdzenia, gromadząc rozległe materiały świadczące o tym, że początkowe stadia ontogenezy są konserwatywne i że zarodek przechodzi w swym rozwoju stadia przypominające postacie swoich przodków. Jednakże w czasach późniejszych twierdzenie to zostało poddane ostrej i czasem słusznej krytyce. Lecz zagadnienia tego nie będziemy tutaj rozpatrywać szczegółowo, gdyż „prawo biogenetyczne” jest tematem odrębnego dużego opracowania. Należy jednakże w dużym skrócie podkreślić jedno: wszystkie stadia rozwoju cechuje duża zmienność, mutacje mogą powstawać w strukturze fenotypu już w bardzo wczesnych stadiach, już nawet w stadium podziału. Jednakże trzeba wziąć pod uwagę plejotropię genów: w praktyce każdy z genów wywiera wpływ na cały kompleks cech fenotypowych. Im wcześniej przejawia się wpływ na fenotyp zmutowanego genu — tym gwałtowniej organizm odchyli się od drogi rozwoju przodków i na którymś ze szczebliów rozwoju odchylenie to okaże się letalne. Selekcja eliminuje mutacje, które zbyt radykalnie niszczą skomplikowany system współzależności między rozwijającymi się organizmami. Właśnie dlatego wczesne odchylenia od drogi rozwoju przodków spotyka się częściej, niż późne i to właśnie doprowadza do konserwatyizmu wczesnych stadiów rozwoju. Jednakże nie należy przeceniać siły działania prawa biogenetycznego, ponieważ wiele odchyień od pierwotnego rozwoju może być podtrzymane przez selekcję już w najwcześniejszych stadiach.

Możliwe są również inne modyfikacje pierwotnego rozwoju, kiedy to u organizmów uwidoczniają się niektóre prastare cechy budowy utracone przez przodków bezpośrednich. Fakt ten jeszcze raz potwierdza tezę, że jedynie nieznaczna część informacji zawartej w genotypie może być zrealizowana w fenotypie. Znane są zupełnie zaskakujące tego potwierdzenia. Wielorybowate, prawdopodobnie od epoki eocenu pozbawione są tylnych kończyn. Jednak średnio co dziesięciotysięczny kaszalot rodzi się z zaczątkiem „nóg”. Jest oczywiste, że garnitur genowy odpowiedzialny za formowanie tylnych odnóży zachował się w stanie zablokowanym w ciągu 50—60 milionów lat. Niekiedy zdarza się, że ta „powstała na nowo” pierwotna cecha staje się charakterystyczna dla całej grupy. Na przykład skoki u pingwinów składają się z trzech kości śródstopia, a więc pod względem tej cechy są one bardziej prymitywne niż praptaki. Wiele sumów posiada również niektóre niezwykle prymitywne cechy (kolce płetwowe, zęby skórne, jak u dawnych rekinów, otwór pinealny), które przybliżają ich nie do innych ryb trzonopłetwych, lecz do dalszych przodków. Wreszcie charakterystyczne dla niektórych rzędów ssaków są archaiczne cechy gadów (np. rogowe i kostne pokrywy pancerników i pangolinów). Wydaje się wątpliwe, czy tego typu cechy mogłyby ujawnić się w fenotypie, gdyby nie tkwiły w genotypie. Mamy tu do czynienia z rekonstrukcją w fenotypie dawnych struktur archaicznych, które w utajonej postaci były przekazywane z pokolenia na pokolenie.

Reasumując możemy stwierdzić, że organizmy są to samoodtworzające się systemy analogiczne do samoodtworzających się maszyn von Newmana. Trzeba odróżniać przy samoreprodukcji duplikację genomu i realizację informacji genomu — budowę fenotypu. Całość informacji niezbędnej dla utworzenia uporządkowania fenotypu znajduje się w genomie. Wpływy zewnętrzne powodują alternatywny wybór jednej z dróg prowadzącej do tego uporządkowania, dyktując jakby systemowi, jaką część informacji dziedzicznej należy w danych warunkach realizować. Uwzględniając ogromny nadmiar informacji fenotypowej można twierdzić, że informacja genetyczna jest objętościowo od niej znacznie większa.

WPLYW ŚWIATŁA NA METABOLIZM NIEFOTOSYNTETYZUJĄCYCH
MIKROORGANIZMÓW*

Wrażliwość organizmów na światło jest od dawna w centrum uwagi wielu badaczy. Jednak bardzo niewielka jest literatura traktująca o efektach i mechanizmach oddziaływania światła na metabolizm nefotosyntetyzujących mikroorganizmów. Tymczasem, w oparciu o pośrednie dane o pochodzeniu i ewolucji życia, należałoby sądzić, że światło powinno wykazywać znaczny wpływ na metabolizm heterotrofów.

Najbardziej charakterystycznym zjawiskiem działania światła na heterotrofy jest zmiana ich barwy. Pigmentami u tych organizmów są cytochromy, flawoproteiny, karotenoidy i różne chinony, a więc ciała, biorące udział w oksydo-redukcyjnych reakcjach. Największą ilość prac poświęcono stymulującemu wpływowi światła na syntezę karotenoidów. Proces fotostymulacji syntezy pigmentów, choć nie jest jeszcze dobrze poznany, zdaje się wskazywać ubocznie na to, że karotenoidy, flawiny i cytochromy pełnią także w komórkach funkcję ochronną, ekranizującą przed fotodynamicznym porażeniem.

Cp do wpływu światła na wzrost i rozwój heterotrofów, to przypuszcza się, że inaktywizuje ono żelazoporfiryny mikroorganizmów, które silnie pochłaniają światło w części widma 340—436 nm. M. Ehrenberg (1966) doniosła o poważnym zahamowaniu wzrostu i rozwoju komórek drożdży pod wpływem światła o dużej intensywności. Inni autorzy na przykładzie działania światła widzialnego na *Penicillium herquei* wskazywali na jego rolę stymulującą w okresie kiełkowania.

Autorzy artykułu podkreślają, że istnieje wiele sprzecznych ocen materiału doświadczalnego w dziedzinie biologicznego działania światła. Wynika to stąd, że często brano pod uwagę tylko sumaryczny efekt oraz nie doceniano faktu, że fotowrażliwość mikroorganizmów w dużej mierze zależy od ich fizjologicznego stanu uwarunkowanego przede wszystkim fazą aktualnego rozwoju i wzrostu. Wiadomo bowiem, że w wymienionych procesach zmienia się ilościowy i jakościowy skład biochemicznych komponentów komórki a także wewnętrzna struktura.

Dużo prac poświęcono zbadaniu wpływu światła na efektywność podstawowego procesu energetycznego komórki, procesu oddychania i fermentacji. Przy czym stwierdza się zarówno stymulację oddychania pod wpływem światła niebieskiego (np. u kiełków kukurydzy 3—5 razy, a u bezchlorofilowego mutantu chlorelli 5—6 razy), jak i odwrotny efekt inhibicyjny, zwłaszcza gdy zadziałały światłem w obecności tlenu.

W ostatniej części artykułu autorzy wskazują na trzy teorie, które usiłują wyjaśnić mechanizm fotowrażliwości heterotrofów.

Teoria hormonalna opiera się na twierdzeniu o wspólnocie mechanizmów fototropizmu wyższych roślin i heterotroficznych mikroorganizmów.

Teoria „fotochemizmu” lub „pierwszego działania” opiera się na reakcjach fotoutleniania, fotoredukcji, fotodysocjacji itp. Przy tym autorzy zwracają uwagę na rolę enzymów flawinowych, które zajmują jedno z centralnych miejsc w procesach energetycznych i odznaczają się dużą światłoczułością. Stymulują one proces transportu elektronów w łańcuchu oddechowym na odcinkach flawinowych dehydrogenaz.

* L. B. Rubin, O. W. Eremeewa, W. W. Achobadze (Moskwa): *Wlianie sweta na metabolizm nefotosintezirujuszczich mikroorganizmow*, *Uspechi Sowremennoj Biologii*, 1971, t. 71, wyp. 2, s. 220—234.

Zgodnie zaś z trzecią metaboliczną teorią, pod wpływem światła zachodzi synteza pewnych substancji, które nie mogą być syntetyzowane w ciemności. Powstanie tych substancji wywołuje określone zmiany w ogólnym metabolizmie organizmu.

Wyniki eksperymentów przeprowadzonych w ostatnich latach w pokrewnych dziedzinach biochemii, biofizyki, fizjologii i innych, wskazują na to, że dużą rolę w pojawieniu się efektów fotowrażliwości mogą odgrywać membranowe struktury komórki. Istotnie lipoproteidowe kompleksy membran są podstawową formą przestrzennej organizacji enzymatycznych układów, gdzie chroniona jest, konieczna dla pojawienia się aktywności enzymów, konformacja. Przekształcenie energii w biologicznych układach zależy właśnie od zmiany konformacji w makromolekularnych układach związanych z membranami. Wykazano na przykład, że w mitochondriach zmiany konformacji prowadzą do syntezy makroenergetycznych produktów i aktywnego transportu jonów. Zatem jakiegokolwiek zmiany konformacji w enzymach i membranach mogą wywoływać określone zmiany w aktywności enzymów i w funkcjonalnych własnościach membran (np. stopień przenikalności).

Czy jednak światło może wywołać konformacyjne zmiany w biologicznych cząsteczkach? Wiemy z jednej strony, że siły molekularne wiązań wodorowych, elektrostatycznych i Van der Waalsa są rzędu dziesiątej części elektronowolta (1—10 kkal/mol), z drugiej zaś strony wiadomo, że energia fotonów w bliskiej części widma UF ma wartość ok. 120 kkal/mol, a 80 kkal/mol w części widzialnej. Zatem energia pochłoniętego kwantu może wywołać zmiany we wtórnej strukturze molekuly, co z kolei może prowadzić do zmian takich procesów, jak np. określona przenikalność błony.

W ten sposób światło wykazuje głębokie i wieloaspektowe działanie nie tylko na autotrofy, ale i na metabolizm heterotrofów.

Czesław Biedulski

ZEBRANIA, ZJAZDY I KONFERENCJE NAUKOWE

SESJA PLENARNA WYDZIAŁU NAUK BIOLOGICZNYCH PAN
(16 grudnia 1971 r.)

Sesja plenarna Wydziału Nauk Biologicznych PAN w dniu 16 grudnia 1971 r. poświęcona była osiągnięciom i perspektywom rozwojowym ekologii polskiej oraz problemowi kierowania ekosystemami, a zorganizowana została wspólnie z Komitetem Naukowym Prezydium PAN „Człowiek i środowisko”. Sesja odbyła się w siedzibie Instytutu Ekologii PAN w Dziekanowie Leśnym koło Warszawy.

Obradom przewodniczył Sekretarz Wydziału Nauk Biologicznych PAN, prof. dr Włodzimierz Michajłow. W sesji udział wzięli członkowie Wydziału Nauk Biologicznych, przedstawiciele komitetów naukowych, towarzystw naukowych oraz placówek naukowo-badawczych Wydziału, a także członkowie Komitetu „Człowiek i środowisko”. Sesja ta była ostatnią z cyklu posiedzeń poświęconych poszczególnym dyscyplinom naukowym, ich rozwojowi i perspektywom. W ciągu ostatnich trzech lat Wydział Nauk Biologicznych PAN dokonał w ten sposób przeglądu wszystkich dyscyplin będących w zasięgu jego zainteresowań.

Porządek obrad obejmował następujące referaty: 1) referat prof. dr K. Petruszewicza pt. „Uwagi o postępach i stanie ekologii w Polsce”; 2) referat doc. dr hab. Z. Kajaka dotyczący ważniejszych osiągnięć ekologii polskiej; 3) referat dr hab. W. Grodzińskiego pt. „Uwagi o stanie organizacyjnym i potrzebach szkolenia ekologii w Polsce”; 4) referat prof. dr H. Sandnera pt. „Zestawienie osiągnięć ekologii w praktyce gospodarczej”; 5) referat prof. dr P. Trojana pt. „Zadania i możliwości ekologii w zakresie problematyki „Człowiek i środowisko”.

Prof. dr K. Petruszewicz w swym referacie skoncentrował się głównie na omówieniu osiągnięć ekologii polskiej i jej roli, udziale oraz wpływie badań ekologicznych polskich na badania ekologiczne na świecie. Polska ekologia podejmuje oraz inicjuje badania z zakresu ekologii, mające w skali światowej poważne znaczenie. Całość referatu prof. dr K. Petruszewicza zostanie zamieszczona w jednym z następnych zeszytów „Kosmosu”.

Doc. dr hab. Z. Kajak przedstawił zebranym obraz osiągnięć ekologii polskiej w okresie 25-lecia i uwypuklił dalsze perspektywy tej dziedziny wiedzy jak również wskazał na jej potrzeby. Referat ten również zostanie opublikowany w naszym czasopiśmie.

Dr hab. W. Grodziński zaprezentował obecnym wnikliwie opracowane uwagi na temat stanu organizacyjnego i potrzeb szkolenia ekologów w Polsce. Referat ten był bogato ilustrowany przezroczami i wykresami graficznymi. Referat wzbudził duże zainteresowanie nie tylko ze względu na treść, ale i błyskotliwą i dozwoloną formę podania. W referacie tym dr W. Grodziński podkreślił konieczność położenia dużego nacisku na intensywniejsze i szeroko pojęte szkolenie ekologów, ponieważ jasne się staje, iż zapotrzebowanie na badania ekologiczne wzrasta nie tylko w kraju, lecz także na całym świecie, co udowodnili również w swych referatach prof. dr K. Petruszewicz i doc. dr Z. Kajak.

Konieczność intensywnego szkolenia ekologów uwypukliła się również w referacie prof. dr H. Sandnera na tle omawiania osiągnięć i znaczenia ekologii dla potrzeb gospodarki narodowej.

Prof. dr P. Trojan stwierdził i podkreślił fakt, iż nauki ekologiczne mają większe możliwości, niż inne terenowe dyscypliny biologiczne w podjęciu problematyki „Człowiek i środowisko” ze względu na to, że zarówno koncepcja ekosystemu, teoria homeostazji ekologicznej, stosowane metody ilościowe oraz stopień zorganizowania kadry naukowej stanowią dogodne przesłanki dla podjęcia takich zadań. Problematyka badawcza winna być prowadzona pod hasłem bilansowania zjawisk i określenia cyklów sukcesywnych wywołanych w ekosystemach przez czynniki antropogeniczne. Badania te powinny dawać podstawy do ekspertyz naukowych, jakie mogą stanowić postulowany element rachunku przyrodniczego w ocenie planów i działań gospodarczych. Program badawczy można zestawić w dwie grupy tematyczne: 1) rejestracja zaburzeń antropogenicznych w ekosystemach, 2) inżynieria ekonomiczna ekosystemów.

Tematyka szczegółowa badań obejmuje konkretne problemy dla typowych układów tworzących krajobrazy Polski. Nauki ekologiczne w Polsce przed sformułowaniem swych programów badawczych w zakresie „Człowiek i środowisko” winny przeprowadzić gruntowną dyskusję podstaw metodologicznych, w oparciu o które mają opanować trudną problematykę, by dać konkretne odpowiedzi na wysuwane przez program pytania.

Dyskusja, jaka wywiązała się na tle przedstawionych referatów, była bardzo ożywiona i pożyteczna. Prof. S. Kołaczkowski, zwracając uwagę na sprawy ochrony wód stwierdził, że na tym polu współpracują ekologowie, hydrobiologowie, pracownicy inżynierii sanitarnej, chemicy i mikrobiologowie. Osiągnięcia wynikłe z tej współpracy stanowią duży dorobek narodowy. Zwrócił też uwagę na ważność przenoszenia wyników badań ekologicznych do gospodarki narodowej nawiązał również do referatu dr W. Grodzińskiego odnośnie do konieczności intensyfikacji szkolenia ekologów.

Prof. dr W. Matuszkiewicz nawiązał również do sprawy szkolenia ekologów bowiem współczesną biologię charakteryzują głównie dwa kierunki — biologii molekularnej i badań nad komórką oraz biologii środowiskowej, a więc kierunek ekologiczny. Zwrócił on uwagę na trafność uwag zawartych w referacie dr W. Grodzińskiego, dotyczących kształcenia ekologów środowiskowych, koncentrowali się na kompleksowych zagadnieniach ekosystemu „krajobrazu”. Mówca podkreślił konieczność wdrażania metod ekologicznych do opracowywania zagadnień praktycznych. Przy okazji zwrócił uwagę na fakt, iż właśnie fitosocjologia zajmuje się od lat zagadnieniami ekologicznymi, a w związku z tym nie jest „pokrewna” ekologii, lecz jej nierozdzielną częścią.

Prof. dr M. Zajbert z Instytutu Gospodarki Wodnej mówił o sprawie ochrony środowiska, szczególnie jeżeli chodzi o przewidywanie skutków przedsięwzięć gospodarczych — tu rola ekologów, metod ekologicznych, wskazań i prognoz jest niezmierznie wielka.

Następnie zabrał głos Sekretarz Wydziału Nauk Biologicznych i Przewodniczący Komitetu Naukowego PAN „Człowiek i środowisko” prof. dr Wł. Michajłow. Wypowiedź prof. Michajłowa była informacją dotyczącą postanowień, jakie zapadły na XVI Konferencji Generalnej UNESCO i wynikających z nich zadań dla nauki polskiej. Prof. dr Wł. Michajłow stwierdził, iż XVI Konferencja Generalna UNESCO podjęła decyzję o powołaniu do działalności międzynarodowego, międzydyscyplinowego Programu „Człowiek a biosfera”. UNESCO rozesłała już projekt programu z prośbą, by narodowe komitety wypowiedziały się co do treści i udziału w tym programie. Komitet Naukowy PAN „Człowiek i środowisko” zapoznał się z przekazanym mu projektem i wyraził swą opinię, która następnie została przesłana do UNESCO. W dniach od 9 do 19 listopada odbywała

się narada Rady Koordynacyjnej programu „Człowiek i biosfera”. Wyniki tych obrad muszą zainteresować stronę polską i Komitet „Człowiek i środowisko”, m.in. dlatego, że nowy Program przejmie dorobek i pewne ogniwa organizacji Międzynarodowego Programu Biologicznego. Następnie prof. dr Wł. Michajłow poinformował obecnych, że Sekretariat Programu „Człowiek a biosfera” opracował w formie syntezy wszystkie wnioski, jakie nadesłały komitety narodowe i stwierdził, iż wnioski te w dużej mierze pokrywają się. Oczywiście więc jest, iż Komitet PAN „Człowiek i środowisko”, a zwłaszcza jego zespół ekologiczny, będzie musiał ustosunkować się szczegółowo do propozycji. Warto skorzystać z tej okazji i pewne informacje przekazać.

Określony został zasięg i przedmiot programu i są już dostępne najważniejsze sformułowania. Rada Koordynacyjna przypomina, że program „Człowiek a biosfera” jest programem międzydyscyplinarnym. Pozwoli on na rozpoczęcie studiów nad stosunkiem jaki istnieje między człowiekiem a środowiskiem z punktu widzenia ekologicznego. Program ten „Będzie się skupiał na ogólnych badaniach struktury i funkcjonowania jej regionów ekologicznych, na systematycznych obserwacjach biosfery oraz jej zasobów zmian powodowanych przez działalność człowieka, na konsekwencjach ogólnych tych zmian dla samego rodzaju ludzkiego oraz na sprawach obsługi edukacji i informacji w tym zakresie”. „Uważa się, że najistotniejszą częścią programu są studia nad strukturą i funkcjonowaniem biosfery oraz nad sposobami reakcji wówczas gdy jest ona poddawana interwencji człowieka”.

W treści naukowej programu widzi się daleko idące zmiany w stosunku do podziału problemowego i tematycznego, jaki był nakreślony w XVI Konferencji UNESCO i który był już dyskutowany w naszym kraju. W rezultacie dyskusja, która trwała tydzień ustaliła naukową treść programu, który będzie składał się z kilku projektów i przedstawia się następująco: 1) skutki ekologiczne rozwoju działalności człowieka na ekosystemy w lasach tropikalnych i subtropikalnych; 2) ekologiczne skutki metod wykorzystywania i rozmaitych sposobów użytkowania gleby na krajobraz lasu strefy umiarkowanej i śródlądowej; 3) wpływ działalności człowieka i metod użycia ziemi na obszary, które mogą służyć jako pastwiska (sawanna, stepy, w okolicach umiarkowanych, w rejonach suchych), tundra; 4) badania nad wpływem człowieka na dynamikę ekosystemów stref suchych i na pół suchych i w szczególności badania nad skutkami nawadniania; 5) ekologiczne skutki działalności człowieka w strefach zurbanizowanych, uprzemysłowionych i ruralnych wywierających wpływ na wartość jezior, bagien, cieków wody, delt i estuariów oraz stref przyrzecznych mogących stanowić rezerwę dla produkcji żywnościowej, jak i miejsce wczasów i wypoczynku, dla zachowania flory i fauny; 6) skutki działalności człowieka na ekosystemy górskie; 7) ekologia i racjonalne wykorzystanie ekosystemów wysp; 8) zachowanie stref naturalnych i elementów genetycznych w nich zawartych; 9) oszacowanie ekologiczne walki przeciw szkodnikom i użycia nawozów sztucznych z punktu widzenia ich wpływu na ekosystemy lądowe i wodne; 10) wpływ wielkich budów na człowieka i środowisko; 11) ekologiczne aspekty wykorzystania energii w układach miejskich i przemysłowych; 12) następstwa przemian demograficznych dla środowiska; 13) precepcja jakości środowiska przez człowieka. Punkt ten dotyczy już raczej nauk humanistycznych. Prof. dr Wł. Michajłow stwierdził, iż przedstawiony wyżej projekt tematów nie jest zamkniętą całością i może być jeszcze rozbudowany, wówczas gdy napłyną do Sekretariatu Rady Programu dalsze propozycje z innych jeszcze krajów. Nie mniej to będzie obowiązywało co zostało zawarte w przedstawionych punktach. Przewiduje się też udostępnienie

tych materiałów zainteresowanym, mimo że jest tu kilka punktów tematycznych, które nie dotyczą badań strony polskiej, jednak są zgodne z zainteresowaniem wszystkich. Prof. dr Wł. Michajłow nadmienił, iż materiały te zostaną przetłumaczone na język polski i udostępnione. Komitet PAN „Człowiek i środowisko” zdecydował w jaki sposób i jaką drogą przekazać je zainteresowanym. Prace jakże zamierza inicjować Program „Człowiek a biosfera” staną się przyczynkiem do podejmowania badań łącznych przez specjalistów różnych dziedzin naukowych, a wiodącą rolę w nich odgrywać będzie niewątpliwie ekologia.

Następnie zabrał głos w dyskusji przedstawiciel Ministerstwa Obrony Narodowej, pułkownik doc. dr A. Kamiński, nakreślając obraz roli ekologii w zagadnieniach obronności kraju. Wypowiedź ta uwypukliła jeszcze bardziej konieczność szkolenia kadry ekologów oraz podjęcia większych nakładów na organizację laboratoriów o wysokim standardzie wyposażeniowym.

Doc. dr N. Wolański zwrócił uwagę na badania związane z analizą zmian, jakim ulega świat ożywiony oraz na konieczność prognozowania tych zmian oraz wprowadzenia do planu badań problemowych zagadnień dotyczących człowieka i środowiska w przyszłości i jego dostosowania się do warunków.

Mgr Fr. Jastrzębski poruszył sprawę ochrony wód oraz sprawę szkodliwości nadmiernego zasolenia.

Prof. dr J. Prończuk szeroko nakreślił zagadnienie właściwego i racjonalnego przeobrażania przyrody i zwrócił uwagę na konieczność badań kompleksowych dotyczących ochrony środowiska. Konieczność chronienia zasobów wodnych w całej Europie wysuwa się jako sprawa pierwszoplanowa, z którą m.in. związane jest nie tylko ochrona wody przed zanieczyszczeniem, ale również racjonalne przeprowadzanie prac melioracyjnych, które z jednej strony pożyteczne, zawsze jednak powodują obsychanie terenów.

Doc. dr Z. Kajak podkreślił trafność propozycji wysuniętej w czasie trwania dyskusji o potrzebie zorganizowania służby ekologicznej, której działalność w dobie zagrożenia środowiska życia człowieka — będzie odgrywać rolę pierwszorzędną. Kończąc posiedzenie prof. dr Wł. Michajłow stwierdził, że sesja spełniła swe zadanie, pozwoliła obecnym zapoznać się z dorobkiem ekologii polskiej oraz z zamierzeniami na przyszłość, uwypukliła konieczność współpracy ścisłej ekologów z Komitetem „Człowiek i środowisko”. Stwierdził, że nałożone zadania z punktu widzenia ochrony środowiska wymagają badań i prac kompleksowych, w czym wiodącą rolę odegra ekologia polska. Odnośnie do szeroko i wielokrotnie poruszanej w dyskusji sprawy konieczności szkolenia ekologów, prof. dr Wł. Michajłow zwrócił się do Komitetu Ekologicznego PAN o opracowanie i przedstawienie Wydziałowi Nauk Biologicznych PAN projektu memoriału w tej sprawie. Memoriał po przedstawieniu władzom PAN, byłby przekazany do Ministerstwa Oświaty i Szkolnictwa Wyższego.

Prof. dr Wł. Michajłow również uważa, że zespół ekologiczny Komitetu „Człowiek i środowisko” powinien przedyskutować założenia referatu prof. dr P. Trojana co do zagadnień kierowania ekosystemami i przemyślenia planu koordynowania tych badań oraz sprawy ewentualnego dofinansowania badań ekologicznych przez Komitet PAN „Człowiek i środowisko”.

Na zakończenie prof. dr Wł. Michajłow w słowach bardzo serdecznych podziękował Kierownictwu Instytutu Ekologicznego PAN i Komitetowi Ekologicznemu PAN za przygotowanie sesji i zapewnienie uczestnikom dobrych warunków obradowania w miłej ogólnej atmosferze.

EUROPEJSKIE TOWARZYSTWO BADANIA ZANIECZYSZCZANIA ŚRODOWISKA
ŚRODKAMI MUTAGENICZNYMI
(European Environmental Mutagen Society — skrót EEMS)

W dniach 6 i 7 maja 1971 roku odbyło się w Noordwijkerhout koło Rijswijk w Holandii zebranie organizacyjne Europejskiego Oddziału Międzynarodowego Towarzystwa Badania Zanieczyszczania Środowiska Środkami Mutagenicznymi (European Environmental Mutagen Society — skrót EEMS).

Na zebranie to przybyli przedstawiciele 21 państw z Europy, w tym Polskę reprezentował niżej podpisany. Międzynarodowe Towarzystwo (EMS), które zostało zorganizowane parę lat temu (w r. 1969) w USA reprezentował prof. Hollaender, twórca i organizator tego towarzystwa i wieloletni dyrektor wielkiego Oddziału Biologicznego w Ośrodku Atomowym w Oak Ridge.

Znaczenie promieniowań jonizujących jako środka mutagenicznego było poznane już dość dawno i dzięki wieloletniej akcji biologów obecnie stosowanie np. promieni Roentgena czy izotopów promieniotwórczych jest uwarunkowane szeregiem zarządzeń ochronnych, zmniejszających ryzyko biologiczne ich stosowania do możliwego minimum.

Znacznie gorzej przedstawia się sprawa z ochroną ludzkości przed szkodliwymi skutkami mutagenicznymi licznych związków chemicznych wprowadzonych obecnie do naszego środowiska. Wśród tysięcy preparatów chemicznych wprowadzonych przez przemysł rok rocznie jako np. środki owadobójcze, chwastobójcze, czynniki konserwujące środki spożywcze czy też ciągle wprowadzane liczne nowe leki, są bardzo silne środki działające na komórki i wywołujące zmiany w informacji dziedzicznej, czyli tak zwane mutacje. Liczne związki chemiczne od dawna używane czy nowo syntetyzowane i wprowadzane do środowiska przez człowieka mogą mieć bardzo różne skutki biologiczne. Najczęściej spotykany ogólny efekt toksyczny na organizm jest stosunkowo łatwo wykrywalny i obecnie najczęściej każdy wprowadzany związek jest pod względem toksyczności badany przed wprowadzeniem go do użycia. Jednak szereg związków chemicznych, nie wywołujących bezpośrednich efektów toksycznych, może wywoływać mutacje czyli posiadać właściwości mutageniczne. Wykrycie właściwości mutagenicznych jest znacznie trudniejsze i kosztowniejsze przy czym nie ma jednego ogólnego testu, przy pomocy którego można by stwierdzić, że dany związek nie jest mutageniczny. Efekt mutageniczny może się pojawiać dopiero w następnych pokoleniach, wymaga więc badania organizmów przez szereg pokoleń po zadziałaniu czynnikiem mutagenicznym. Poza tym okazało się, że szereg związków mutagenicznych może posiadać jednocześnie właściwości teratogeniczne, rekombinogeniczne czyli zwiększające częstość rekombinacji genetycznej a także i karcinogeniczne. Oblicza się, że człowiek wprowadził już około pół miliona związków chemicznych do powszechnego użytku i rocznie wprowadza około 50 000 nowych związków. Liczne z nich posiadają lub mogą posiadać właściwości mutageniczne, ale najczęściej przed wprowadzeniem ich do użycia nie są one pod tym względem testowane. Ten stan stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia ludzkości, a także dla jakości genetycznej przyszłych pokoleń, w których poziom chorób dziedzicznych uwarunkowanych recesywnymi mutacjami może poważnie wzrosnąć. Zwłaszcza, że jednocześnie postępy medycyny osłabiają dobór naturalny i eliminację osobników o obciążeniach dziedzicznych, którzy obecnie często dzięki zdobyciom medycyny przeżywają i wydają potomstwo.

W tej sytuacji jest konieczna jak najbliższa współpraca toksykologów, klinicystów i genetyków celem stworzenia właściwej kontroli i diagnostyki prepara-

tów o ewentualnych efektach mutagenicznych. Konieczne jest więc nawiązanie bliższego kontaktu między biologami, przemysłem chemicznym czy farmaceutycznym, toksykologami, lekarzami i instytucjami zajmującymi się kontrolą żywności czy leków.

Rolą nowo powstałego towarzystwa ma być przede wszystkim informowanie społeczeństwa, a zwłaszcza odpowiednich czynników odpowiedzialnych za kontrolę zdrowia ludzkiego o wynikach badań nad mutagenicznością różnych związków chemicznych i ich centralna rejestracja, opracowywanie skutecznych metod testowania związków na ich właściwości mutageniczne i karcinogeniczne. W tym celu towarzystwo wydaje tzw. Newsletters. Aby działalność towarzystwa była rzeczywiście skuteczna członkowie związku (Council) EEMS powinni na terenie własnych państw dążyć do tworzenia narodowych organizacji, które nawiązałyby kontakt z przemysłem i placówkami państwowymi prowadzącymi kontrolę leków, środków spożywczych etc. i wprowadziły obowiązek testowania związków chemicznych pod względem ich właściwości mutagenicznych. Towarzystwa narodowe powinny łączyć biologów, lekarzy, chemików zainteresowanych problemem ochrony zdrowia człowieka. Powinno się inicjować badania nad efektami mutagenicznymi i ewentualnie dążyć do wprowadzenia do ustawodawstwa obowiązku testowania związków chemicznych na ich efekty mutageniczne. Wszystkie dotychczas wprowadzone w życie preparaty chemiczne powinny więc być stopniowo zbadane pod względem ich mutageniczności i te które posiadają wyraźne efekty mutageniczne bądź rakotwórcze powinny być wycofywane.

W przyszłości nowo wprowadzane związki powinny być testowane ustawowo na mutageniczność, tak jak badane są obecnie na efekty toksyczne.

Niestety nie ma dotychczas ogólnego stosunkowo prostego testu na mutageniczność i rolą biologów jest przede wszystkim opracowanie takiego testu, który mógłby być powszechnie przyjęty i rutynowo stosowany w pracowniach kontrolnych. Najprostsze testy na mutageniczność jakiejkolwiek substancji można przeprowadzić przy pomocy odpowiednio genetycznie wyznakowanych mikroorganizmów jak. np. bakterie czy drożdże. Ze względu na łatwość, niskie koszty i dużą ilość testowanych komórek otrzymać można szybko wyniki statystycznie wiarogodne. Niestety jednak wyniki nie zawsze będą mogły być obowiązujące dla wyższych organizmów, a zwłaszcza dla ssaków a więc i dla człowieka. Wobec tego jednocześnie zaleca się badanie wpływu na pęknięcie i zmiany strukturalne chromosomów w hodowlach leukocytów ludzkich *in vitro*, a nawet badanie indukowania dominujących letali w specjalnych szczepach myszy. Niestety te badania są już znacznie powolniejsze i bardziej kosztowne. Nie ulega wątpliwości, że jeśli testy te wypadają pozytywnie, związek pod żadnym pozorem nie może być wprowadzony do masowego użytku.

Niestety jednak sprawa wpływu czynników mutagenicznych na organizm wyższych zwierząt jest bardzo złożona. Z jednej strony szereg czynników działających mutagenicznie np. na komórki mikroorganizmów w organizmie zwierzęcym ulega szybkiemu rozłożeniu na związki niemutageniczne. Z drugiej strony w wyniku przemiany w organizmie zwierzęcym związków niemutagenicznych mogą powstać metabolity o silnym działaniu mutagenicznym. W USA dr M. S. Legator z Urzędu Kontroli Leków opracował interesujący test, gdzie do zwierzęcia, któremu podaje się testowany związek, wprowadza się do jamy brzusznej odpowiednie szczepy drożdży czy *Neurospora* i następnie po uzyskaniu ich z powrotem testuje się na indukowane mutacje. W ten sposób można było wykazać, że w wyniku metabolizmu niektórych związków owadobójczych w organizmie zwierzęcym powstają metabolity o silnym działaniu mutagenicznym a w pewnych wypadkach i rakotwórczym.

Ogólnie można już stwierdzić, że liczne związki rakotwórcze najczęściej mają jednocześnie efekt mutageniczny i powodują uszkodzenia chromosomów. Z drugiej strony jednak szereg nawet wybitnie mutagenicznych związków nie ma efektu onkogenego.

Stwierdzenie w latach ostatnich przez biologię molekularną, że przynajmniej niektóre typy nowotworów są związane z infekcją przez specjalne wirusy onkogenne, z obecnością prowirusów w genomie żywiciela i ich wyzwalaniem wskazuje, że szereg mutagenów wpływając na procesy rekombinacji i pęknięcia chromosomów może wyzwać przechodzenie komórek w stan nowotworowy. W tej sytuacji pozytywne stwierdzenie działania mutagenicznego czy rekombinogenicznego na drożdżach czy innych mikroorganizmach czy też indukcji zmian strukturalnych w chromosomach komórek hodowanych *in vitro* stanowi na tyle groźne ostrzeżenie możliwości analogicznych efektów w komórkach wyższych zwierząt czy człowieka, że związek powinien być odrzucony i niedopuszczony do masowego użytku.

Właściwości mutageniczne zostały już wykazane dla setek najrozmaitszych związków chemicznych. Oczywiście dla większości powszechnie do dzisiaj używanych tysięcy różnych związków takich informacji brak. Ostatnio na przykład wykazano, że siarczyn sodu, którego całe tony są używane w przemyśle spożywczym celem podwyższenia np. wartości i trwałości chleba jest silnie mutageniczny i wywołuje mutacje u wirusów, bakterii a także i myszy. Powszechnie stosowany środek owadobójczy DDT indukuje dominujące mutacje letalne u myszy, a poza tym ma także działanie rakotwórcze. Obecnie związek ten został wycofany z użycia ale miliony ton tego trudno rozkładającego się związku krąży nadal w naszym środowisku. Często używany środek grzybobójczy kaptan wywołuje nie tylko mutacje, ale jest środkiem teratogenicznym wywołującym malformację płodów ssaków podobnie jak thalidomid, którego sprawa odbiła się szerokim echem na całym świecie.

Sprawa ochrony środowiska naturalnego człowieka wysuwa się dziś na pierwszy plan. Jednym z najbardziej zdradliwych produktów działalności współczesnej cywilizacji jest zatrucie środowiska związkami mutagenicznymi, którego skutki odczuwać będą głównie następne pokolenia. Obowiązkiem naszym, mając obecnie pełną świadomość tych skutków, jest energiczne przeciwdziałanie i ograniczenie tych skutków do minimum.

Tym celom ma służyć nowoorganizowane Towarzystwo Badania Zanieczyszczania Środowiska Środkami Mutagenicznymi.

Wacław Gajewski

SPRAWOZDANIE Z PODRÓŻY PO NRF

(14.X.—31.X.1971 r.)

Zaproszony przez Deutscher Akademischer Austausch Dienst na wykłady do NRF, wyjechałem samolotem do Frankfurtu, skąd zabrano mnie do przedmieścia Frankfurtu — Hoechst. Mieszczą się tam jedynie fabryki chemiczne, wytwarzające włókna syntetyczne, barwniki i produkty farmaceutyczne. Każdy z tych działów ma dobrze rozwinięty ośrodek naukowy, który znajduje miejsce pośród 40 000 pracowników fabryki.

Pomiędzy innymi w dziale leków utworzony jest poważny ośrodek parazytologiczny, którego głównym celem jest opracowanie metod zwalczania pasożytów. Należy przy tym zaznaczyć, że metody te polegają nie tylko na syntetyzowaniu

i badaniu leków przeciwpasożytniczych, ale również na badaniu biologii pasożytów, której znajomość jest niezbędna przy zapobieganiu chorobom inwazyjnym. Dział parazytologiczny składa się z trzech zakładów.

Zakład Helmintologii, kierowany przez dra Düwela i dra Kirscha, składa się z 25 pracowników naukowych i technicznych. Zakład przede wszystkim sprawdza działanie leków syntetyzowanych przez odpowiedni dział syntezy, przeciw robaczynom, a ponadto wykazuje szkodliwy wpływ pasożytów na wydajność zwierząt hodowlanych. Pomiedzy innymi dr Düwel otrzymał ciekawe wyniki obserwując pod mikroskopem elektronowym włókna wełny owiec zarażonych robakami. Okazało się, że włókna te ulegają dużej zmianie.

Dział biologii prowadzony przez dra Hochorsta ma za zadanie badanie biologii żywicieli pośrednich pasożytów. Do tego celu służą rozległe hodowle licznych ślimaków egzotycznych, hodowanych w dużej sali, o stałej temperaturze 25°. Badana jest ich ekologia i etologia. Wyniki są ciekawe i wyjaśniają wiele spraw z zakresu zachowania się ślimaków — żywicieli pośrednich groźnych pasożytów (z punktu widzenia medycznego, względnie weterynaryjnego) człowieka i zwierząt domowych.

Dział Protozoologii kierowany przez dra Räthera, opracowuje przeważnie metody zwalczania pelzakowicy ludzkiej oraz kokcydiozy drobiu, sprawdzając głównie działanie leków na te choroby. Całością działu parazytologii kieruje dr Wagner. O ożywionej działalności tego działu świadczy również liczba używanych zwierząt laboratoryjnych. Na uwagę ponadto zasługuje staranne utrzymanie hodowli pod względem pomieszczeń, odpowiedniej karmy i higieny.

A oto kilka danych. Tygodniowo dział parazytologii zużywa: 450 myszy, 250 szczurów, 100 szczurów bawełnianych, 100 myszy *Mastomus natalensis*, 150 chomików, 50 królików oraz rocznie 800 owiec, 40 świń, 35 cieląt. Nie mówiąc o kurczętach, psach itp.

Poza fabrykami zwiedziłem w Höchst słynny Uniwersytet w Heidelbergu, w którym jednak brak jest zakładu parazytologii.

Z Höchst wyjechałem do Giessen, gdzie istnieje jeden z trzech wydziałów weterynaryjnych. Katedra Parazytologii jest kierowana przez profesora Lämmlera, specjalistę od helmintologii, przy czym głównym kierunkiem jego działalności jest sprawdzanie skuteczności leków przeciw inwazjom pasożytniczym zwierząt domowych. Prawą ręką prof. Lämmlera jest dr Gothe pracujący nad inwazyjnymi chorobami tropikalnymi. W szczególności interesują go następujące pierwotniaki: *Anaplasma*, *Bartonella*, *Aegyptiella*. Otóż dr Gothe, posługując się mikroskopem elektronowym, wykazał (a raczej potwierdził przypuszczenia niektórych autorów), że wszystkie te drobnoustroje należą do grupy ryketsji. W związku z przenoszeniem ich przez kleszcze, badacz ten zajmuje się również ich biologią.

Również i w tym Zakładzie, podobnie jak w innych zwiedzanych, hodowla zwierząt doświadczalnych stoi na wysokim poziomie.

Z Giessen zawieziono mnie do nieprzewidzianego w programie Hannoveru, gdzie również istnieje wydział weterynaryjny. Kierownikiem Zakładu Parazytologii jest prof. Enigk, który obchodził właśnie uroczyste swoje 65-lecie urodzin. Jest to znany parazytolog — helmintolog, który w trakcie swojej działalności opublikował wiele prac, głównie z dziedziny helmintologii. Zawdzięczamy mu dokładne poznanie większości cykli rozwojowych tasiemców drobiu, duży wkład w sprawę poznania przenoszenia zarazków przez larwy pasożytniczych nicieni, krytyczny przegląd leków przeciw inwazjom pasożytniczym oraz wyszkolenie wielu parazytologów, nie tylko niemieckich ale również zagranicznych. Pomiedzy innymi odbywał u profesora Enigka staż niektórzy polscy helmintologowie. Profesor Enigk nie kryje uznania dla polskiej parazytologii.

Następnym etapem mojej podróży był Bonn. W tym pięknie położonym mieście zwiedziłem trzy ośrodki.

Instytut Parazytologii Lekarskiej położony na Venusberg — pięknej, pagórkowatej dzielnicy, porośniętej bukami. Kierownikiem Zakładu jest prof. Piekarski. Zakład zajmuje dwa piętra. Jeżeli chodzi o współpracowników, to Zakład liczy 8 asystentów i 110 pracowników technicznych. Ponieważ Zakład zajmuje się strukturą pierwotniaków, dysponuje więc dwoma mikroskopami elektronowymi, obsługiwany przez jedną wyszkoloną laborantkę. W ogóle odnosi się wrażenie, że w tym Zakładzie elektronowe mikroskopy są czymś zwykłym, jak w naszych laboratoriach mikroskopy świetlne.

Przedmiotem badań Zakładu jest głównie *Taxoplasma* i organizmy pokrewne. Prof. Piekarski jest autorem znanego podręcznika parazytologii lekarskiej, w którym przewija się wątek czysto biologiczny, gdyż autor jest z wykształcenia biologiem.

Zakład Zoologii Wydziału Przyrodniczego mieści się w dawnym pałacu biskupów Poppeldorferschloss. Kierownikiem Zakładu jest prof. Scholtyssek. Podobnie do Zakładu Parazytologii Lekarskiej, Zakład Zoologii jest nastawiony na ultrastrukturę *Toxoplasma*, *Eimeria*, *Babesia* i tzw. M-organizmu (tworzącego cystę w mózgu nornicy rudej). Część tych prac wykonywana jest wspólnie z prof. Piekarskim. Zmierzają one do wykazania pokrewieństwa wymienionych organizmów co wynika głównie ze struktury ich przedniego końca ciała (conoid).

Trzecim zwiedzanym Zakładem był Zakład Zoologii Stosowanej, którego kierownikiem na miejsce emerytowanego prof. Lehmensika, został prof. Kloft. Poprzedni kierownik zajmował się parazytologią, obecnie Zakład przestawił się na badania przemiany materii u pszczołowatych oraz zapotrzebowaniem tych ostatnich od ich symbiontów.

Wykłady na temat „Flory bakteryjnej jako czynnika ekologicznego, warunkującego osiedlanie się i rozwój pasożytów u żywiciela”, miałem w Hoest, Giesen, Bonn. Na audytorium składali się asystenci i doktoranci. We wszystkich ośrodkach spotkałem się z dużą gościnnością i uznaniem dla nauki polskiej.

Witold Stefański

PRACE ZAKŁADÓW I INSTYTUTÓW NAUKOWYCH

O PRACACH WYDZIAŁU NAUK BIOLOGICZNYCH PAN w latach 1969—1971

W związku z upływem trzyletniej kadencji (1969—1971) w pracach Wydziału II PAN, warto podsumować tę stronę jego działalności, która znalazła wyraz na jego sesjach plenarnych. Poza omawianiem spraw bieżących, należących do jego kompetencji, działalność naukowa szła w kilku kierunkach. Jednym z nich było wysłuchanie i dyskutowanie referatów naukowych wygłaszanych przez członków Wydziału (np. „Zagadnienie pochodzenia ssaków w świetle najnowszych badań paleontologicznych” — referat prof. dr Z. Kielan-Jaworowskiej). Drugim — przyjmowanie sprawozdań z ważniejszych konferencji międzynarodowych, w których członkowie Wydziału brali udział (Sprawozdanie z przebiegu Międzynarodowego Kongresu Botanicznego — prof. dr W. Gajewski).

Główną jednakże treść zebrań naukowych Wydziału stanowiło zapoznanie się z dorobkiem, aktualnym stanem oraz potrzebami poszczególnych grup dyscyplin biologicznych, objętych opieką Wydziału, w związku z 25-leciem Polski Ludowej.

Założony na trzyletni okres program w tym zakresie został w całości zrealizowany. Obejmował on następujące pozycje i poświęcony był następującym działom nauki.

1. Biologia molekularna ((15.X.1969). Sprawozdanie z działalności Komisji d/s biologii molekularnej (prof. dr W. Gajewski).
2. Międzynarodowy Program Biologiczny (11.XII.1969).
Sprawozdanie z działalności Narodowego Komitetu Międzynarodowego Programu Biologicznego (prof. dr K. Petruszewicz).
3. Biochemia ((27.IV.1970).
Stan biochemii polskiej w 25-leciu PRL: dorobek i perspektywy rozwojowe — prof. dr T. Baranowski.
Aspekty stosowane i podstawowe biochemii — prof. dr K. Zakrzewski.
Rola biochemii w naukach rolniczych — prof. dr J. Pawełekiewicz
Rola nowoczesnej instrumentacji w badaniach biochemicznych — doc. dr A. Morawiecki
Szkolenie podyplomowe biochemików — prof. dr Zofia Kasprzyk.
4. Mikrobiologia (19.X.1970)
Zagajenie sesji poświęconej mikrobiologii polskiej — doc. dr W. T. Dobrzański
Transformacja cech u paciorkowców i mechanizm pobierania DNA w tej reakcji — doc. dr W. T. Dobrzański
Stan mikrobiologii lekarskiej i weterytaryjnej w Polsce — opracowanie prof. dr Z. Buczwoskiego i prof. dr M. Truszczyńskiego
Mechanizm chorobotwórczości pałeczek jelitowych — opracowanie doc. dr E. Romanowskiej i prof. dr M. Truszczyńskiego
Stan wirusologii w Polsce — prof. dr F. Przesmycki
Biocenoza arbowirusów w Polsce — doc. dr Z. Wróblewska-Mularczyk
Stan mikrobiologii przemysłowej w Polsce — prof. dr J. Jakubowska
Fizjologia bakterii mlekowych w fermentacji ciągłej — doc. dr H. Oberman
Stan mikrobiologii środowisk naturalnych (gleba—woda) w Polsce — prof. dr N. Balicka, prof. dr K. Matusiak

Biologiczne przemiany azotu w glebie — prof. dr J. Gołębiowska.

5. Limnologia (5.XI.1970)

Stan obecny i perspektywy rozwoju limnologii polskiej — prof. dr M. Stangenberga

Nauczanie limnologii w Polsce — prof. dr J. Mikulski

Limnologiczne podstawy zaopatrywania w wodę — prof. dr J. Paluch

Rola limnologii w ochronie wód przed zanieczyszczaniem — prof. dr St. Kołaczkowski

Współpraca limnologii polskiej z instytutami resortowymi oraz przemysłem i rolnictwem — prof. dr M. Stangenberga

6. Zoologia i antropologia (19.II.1971)

Osiągnięcia i perspektywy antropologii w Polsce — opracowanie prof. dr Adama Wanke

Osiągnięcia i perspektywy zoologii w Polsce — prof. dr H. Szarski

Antropologia ontogenetyczna — prof. dr M. Godycki

Obecna i dawna fauna Polski — prof. dr K. Kowalski

Genetyka cech ciągłych — doc. dr T. Bielicki

Układy integrujące — prof. dr Z. Ewy

Zastosowanie antropologicznych metod opisu zróżnicowania morfologicznego grup ludzkich do rozwiązywania zagadnień etnogenezy — prof. dr Fr. Wołkroja i doc. dr A. Wierciński

Rozród i rozwój — doc. dr A. K. Tarkowski

Zagadnienia filogenezy człowieka — prof. dr W. Stęślicka-Mydlarska

Komórka — prof. dr S. Dryl

Praktyczne i użytkowe zastosowanie wyników badań antropologicznych — dr S. Górny.

7. Botanika (23.IV.1971)

Stan obecny i kierunki rozwoju botaniki w Polsce — prof. dr S. Białobok

Najważniejsze osiągnięcia w zakresie geografii roślin — prof. dr J. Kornaś

Mapa potencjalnej roślinności naturalnej Polski i możliwości jej wykorzystania w różnych dziedzinach gospodarki narodowej — prof. dr Wł. Małuszkiewicz

Nowe kierunki systematyki roślin w Polsce na tle tendencji systematyki światowej — prof. dr J. Szwejkowski

Wyniki dotychczasowych badań nad regulatorami wzrostu roślin i możliwości ich wykorzystania — prof. dr M. Michniewicz.

8. Parazytologia (13.X.1971)

Organizacja parazytologii polskiej — prof. dr W. Stefański

Stosunki w układzie „pasożyt-żywiciel” — prof. dr W. Michajłow

Immunologia parazytologiczna — prof. dr Z. Kozar

Osiągnięcia w 25-leciu PRL i perspektywy rozwoju parazytologii polskiej — prof. dr B. Czapliński.

9. Ekologia (16.XII.1971)

Uwagi o postępach i stanie obecnym ekologii w Polsce — prof. dr K. Petrusiewicz

Ważniejsze osiągnięcia ekologii polskiej — doc. dr hab. Z. Kajak

Uwagi o stanie organizacyjnym i potrzebach szkolenia ekologii w Polsce — dr hab. Wł. Grodziński

Zastosowania osiągnięć ekologii w praktyce gospodarczej — prof. dr H. Sandner

Zadania i możliwości ekologii w zakresie problematyki „Człowiek i środowisko” — prof. dr P. Trojan.

Problematyce ochrony przyrody nie poświęcono osobnej sesji ze względu na inne podejmowane w tym zakresie akcje o szerokim zasięgu przez Komitet Ochrony Przyrody i Jej Zasobów oraz Komitet Naukowy PAN „Człowiek i środowisko”, w których brali udział członkowie Wydziału II.

W wyniku zebrania naukowych zgromadzone zostały bogate materiały dokumentacyjne, które — po pewnym uzupełnieniu — mogą być wykorzystane w toku przygotowań do II Kongresu Nauki Polskiej mającego się odbyć w 1973 r.

Część materiałów została opublikowana (w załączeniu wykaz bibliograficzny, który w dalszych numerach „Kosmosu” zostanie uzupełniony).

BIBLIOGRAFIA

1. Zgromadzenie Ogólne Polskiej Akademii Nauk poświęcone problemom biologii molekularnej, „Kosmos” A, nr 3(98), 211—249, 1969.
2. Włodzimierz Michajłow — *Nauki biologiczne w 25-leciu Polski Ludowej*, „Kosmos” A, nr 2(103), 117—124, 1970.
3. Anna Kajak — *Polski Komitet Międzynarodowego Programu Biologicznego. Stan badań i działalność w okresie 1964—1970*, Nauka Polska, nr 1(91), 117—124, 1971.
4. Kazimierz Petruszewicz — *Międzynarodowy Program Biologiczny na świecie i w Polsce*, „Kosmos” A, nr 3(104), 233—253, 1970.
5. Jadwiga Gawłowska — *Ochrona przyrody i jej rola w 25-leciu Polski Ludowej*, Nauka Polska, nr 5(89), 51—67, 1970.
6. Tadeusz Baranowski — *Rozwój biochemii w okresie 25-lecia Polski Ludowej, jej stan obecny i perspektywy na przyszłość*, Nauka Polska, nr 6(90), 25—43, 1970.
7. Tadeusz Baranowski — *Stan biochemii w XXV-leciu PRL; dorobek i perspektywy rozwojowe*, „Kosmos” A, nr 5(106), 495—515, 1970.
8. Zdzisław Kajak, Kazimierz A. Dobrowolski — *Osiągnięcia ekologii w 25-leciu Polski Ludowej, stan, potrzeby i perspektywy rozwojowe*, Nauka Polska, nr 6(90), 44—61, 1970.
9. Henryk Szarski — *Rozwój zoologii polskiej w okresie 25-lecia Polski Ludowej*, Nauka Polska, nr 6(90), 62—74, 1970.
10. Henryk Szarski — *Osiągnięcia i perspektywy zoologii polskiej*, „Kosmos” A, nr 3(110), 185—189, 1971.
11. Bogdan Czapliński — *Stan i rozwój parazytologii polskiej w okresie 25 lat Polski Ludowej*, Nauka Polska, nr 6(90), 75—86, 1970.
12. Stefan Białobok, Henryk Teleżyński, Teofil Wojterski — *Botanika. Stan i dorobek w okresie 25 lat Polski Ludowej*, Nauka Polska, nr 1(91), 48—64, 1971.
13. Marian Stangenberg — *25 lat limnologii polskiej (1945—1970)*, Nauka Polska, nr 1(91), 64—83, 1971.
14. Władysław Mańkowski — *Stan i osiągnięcia hydrobiologii morskiej w okresie 25 lat PRL*, Nauka Polska, nr 1(91), 84—92, 1971.
15. Adam Wanke — *Antropologia w okresie 25 lat Polski Ludowej*, Nauka Polska, nr 1(91), 93—106, 1971.
16. Władysław T. Dobrzański, Stefan Slopek — *Dorobek mikrobiologii polskiej w latach 1945—1970*, Nauka Polska, nr 3(93), 74—108, 1971.

Włodzimierz Michajłow

DOROCZNE NAGRODY WYDZIAŁU NAUK BIOLOGICZNYCH PAN

Wydział Nauk Biologicznych PAN przyznał doroczne nagrody naukowe za 1971 rok następującym osobom:

1. Zespołowi ekologów z Uniwersytetu Jagiellońskiego w składzie: dr hab. Władysław Grodziński, mgr Bogusław Bobek, dr Andrzej Drożdż, dr Andrzej Górecki za pracę „Energy flow through small rodent populations in a beech forest”.
2. Dr hab. Krystynie Kisielewskiej z Zakładu Parazytologii PAN za cykl prac z dziedziny ekologii helminatów jelitowych pasożytujących u *Clethrionomys glareolus*.
3. Dr Teresie Mrozińskiej-Webb z Instytutu Botaniki PAN za pracę „Oedogoniales-Edogoniowe”.
4. Dr hab. Janowi Pinowskiemu z Instytutu Ekologii PAN za pracę „Fecundity, mortality, number and biomass dynamics of a population of the tree sparrow”.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Галина Кишановска</i> — Оплодотворение у млекопитающих	129
<i>Ян Козловски</i> — Перелёты птиц как результат действия естественного отбора	139
<i>Кароль Стармах</i> — Самоочищение рек как биологическая проблема	145
<i>Эльжбета Турлейска-Стальмаськ</i> — Центральные механизмы терморегуляции у га- мойотермных животных	159
<i>Богдан Чаплински</i> — Достижения в 25-летие ПНР и перспективы польской паразито- логии	169
<i>Якуб Мовшович</i> — Проблемы фитохорологии	179

ДИСКУССИЯ И КРИТИКА

<i>Анджей Альберт Левандовски</i> — Активны ли заповедники?	187
---	-----

РЕЦЕНЗИИ

<i>Владислав Куницки-Гольдфингер</i> — Давид Гольдфарб: Введение в генетику бактерий, ПВН, Варшава, 1970	191
<i>Влодзимеж Карлович</i> — Богдан Родкевич: Очерк генетики, ПВН, Варшава, 1971	191
<i>Зыгмунт Саган</i> — В. И. Лукьяненко: Иммунобиология рыб, Москва, 1971	193
<i>Генрик Шарски</i> — С. D. Darlington: The evolution of man and society, New York, 1968	196
<i>Александр Пишибылский</i> — Harold J. Morowitz: Entropy for Biologists. An Introduction to Thermodynamics, New York—London, 1970	198
<i>Роман Войтусяк</i> — Виллиам Г. ван дер Клоот: Поведение животных, ПВН, Варшава, 1971	199
<i>Ежи А. Хмузжински</i> — Гюнтер Темброк: Основы психологии животных, ПВН, Вар- шава, 1971	201

НАУЧНАЯ ХРОНИКА

<i>Б. М. Медников</i> — Онтогенез и теория информации; <i>Чеслав Бедульски</i> — Влияние света на метаболизм нефотосинтезирующих микроорганизмов	205
---	-----

СОБРАНИЯ, СЪЕЗДЫ И НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ

<i>Г. З.</i> — Пленарная сессия Отделения биологических наук ПАН	215
<i>Вацлав Гаевски</i> — Европейское общество исследования загрязнения среды мутагени- ческими средствами	219
<i>Витольд Стефански</i> — Отчет о пребывании в ФРГ	221

ТРУДЫ НАУЧНЫХ ИНСТИТУТОВ

<i>Влодзимеж Михайлов</i> — О работе Отделения биологических наук ПАН в 1969— 1971 годах	225
---	-----

MISCELLANEA

Ежегодные награды Отделения биологических наук ПАН	229
--	-----

CONTENTS

<i>Halina Krzanowska</i> — Fertilization in Mammals	129
<i>Jan Kozłowski</i> — Bird migration as the consequence of natural selection	139
<i>Karol Starmach</i> — Self-purification of streams as biological problem	145
<i>Elżbieta Turlejska-Stelmasiak</i> — The central mechanisms of thermoregulation in homoeothermic animals	159
<i>Bogdan Czapliński</i> — The twenty-five year period of People's Poland's achievements and prospects of parasitology in Poland	169
<i>Jakub Mowszowicz</i> — Problems of phytochorology	179

DISCUSSION AND CRITIQUE

<i>Andrzej Albert Lewandowski</i> — Whether active reserves	187
---	-----

BOOK REVIEW

<i>Władysław Kunicki-Goldfinger</i> — Dawid Goldfarb: An Introduction to the genetics of bacteria. Polish Scientific Publishers, Warsaw, 1970	191
<i>Włodzimierz Karłowicz</i> — Bohdan Rodkiewicz: An Outline of genetics. Polish Scientific Publishers, Warsaw, 1971	191
<i>Zygmunt Sagan</i> — W. I. Łukjanienko: Imonobiologia ryb, Moscow, 1971	193
<i>Henryk Szarski</i> — C. D. Darlington: The evolution of man and society, New York, 1968	196
<i>Aleksander Przybylski</i> — Harold J. Morowitz: Entropy for Biologists. An Introduction to Thermodynamics, New York—London, 1970	198
<i>Roman J. Wojtusiak</i> — William G. van der Kloot: The Behaviour of Animals. Polish Scientific Publishers, Warsaw, 1971	199
<i>Jerzy A. Chmurzyński</i> — Günter Tembrock: Fundamentals of Psychology of Animals. Polish Scientific Publishers. Warsaw, 1971	201

SCIENTIFIC CHRONICLE

<i>B. M. Miednikow</i> — Ontogenesis and the theory of information; <i>Czesław Biedulski</i> — The influence of light on metabolism of non-photo-synthetizing microorganisms	205
--	-----

SESSIONS, MEETINGS AND SCIENTIFIC CONFERENCES

<i>H. Z.</i> — Plenary Session of the Department of Biological Sciences, Polish Academy of Sciences	215
<i>Wacław Gajewski</i> — The European Society for the Study of Pollution of an Environment with mutagens	219
<i>Witold Stefański</i> — A Report on a trip to Western Germany	221

WORKS OF SCIENTIFIC INSTITUTES AND RESEARCH CENTRES

Włodzimierz Michałłow — On the works of the Department of Biological Sciences of the Polish Academy of Sciences in the period 1969 to 1971 225

MISCELLANEA

Yearly awards of the Department of Biological Sciences of the Polish Academy of Sciences 229

SPIS TREŚCI

<i>Halina Krzanowska</i> — Zapłodnienie u ssaków	129
<i>Jan Kozłowski</i> — Wędrowki ptaków jako wynik działania doboru naturalnego	139
<i>Karol Starmach</i> — Samooczyszczanie się rzek jako problem biologiczny	145
<i>Elżbieta Turlejska-Stelmasiak</i> — Ośrodkowe mechanizmy termoregulacji u zwierząt stałocieplnych	159
<i>Bogdan Czapliński</i> — Osiągnięcia w 25-leciu PRL i perspektywy parazytologii polskiej	169
<i>Jakub Mowszowicz</i> — Zagadnienia fitochorologii	179

DYSKUSJA I KRYTYKA

<i>Andrzej Albert Lewandowski</i> — Czy rezerваты aktywne?	187
--	-----

RECENZJE

<i>Władysław Kunicki-Goldfinger</i> — Dawid Goldfarb: Wstęp do genetyki bakterii, PWN, Warszawa, 1970	191
<i>Włodzimierz Karłowicz</i> — Bohdan Rodkiewicz: Zarys genetyki, PWN, Warszawa, 1971	191
<i>Zygmunt Sagan</i> — W. I. Łukjanienko: Imonobiologia ryb, Moskwa, 1971	193
<i>Henryk Szarski</i> — C. D. Darlington: The evolution of man and society, New York, 1968 :	196
<i>Aleksander Przybylski</i> — Harold J Morowitz: Entropy for Biologists. An Introduction to Thermodynamics, New York—London, 1970	198
<i>Roman J. Wojtusiak</i> — William G. van der Kloot: Zachowanie się zwierząt, PWN, Warszawa, 1971	199
<i>Jerzy A. Chmurzyński</i> — Günter Tembrock: Podstawy psychologii zwierząt, PWN, Warszawa, 1971	201

KRONIKA NAUKOWA

<i>B. M. Miednikow</i> — Ontogeneza a teoria informacji; <i>Czesław Biedulski</i> — Wpływ światła na metabolizm nefotosyntetyzujących mikroorganizmów	205
---	-----

ZEBRANIA, ZJAZDY I KONFERENCJE NAUKOWE

<i>H. Z.</i> — Sesja plenarna Wydziału Nauk Biologicznych PAN	215
<i>Wacław Gajewski</i> — Europejskie Towarzystwo Badania Zanieczyszczenia Środowiska Środkami Mutagenicznymi	219
<i>Witold Stefański</i> — Sprawozdanie z podróży po NRF	221

PRACE ZAKŁADÓW I INSTYTUTÓW NAUKOWYCH

<i>Włodzimierz Michajłow</i> — O pracach Wydziału Nauk Biologicznych PAN w latach 1969—1971	225
---	-----

MISCELLANEA

Doroczne nagrody Wydziału Nauk Biologicznych PAN	229
--	-----

Tylko prenumerata zapewni
regularne otrzymywanie
dwumiesięcznika

K O S M O S A

Prenumerata krajowa

Cena prenumeraty krajowej:

rocznie	zł. 90,—
półrocznie	zł. 45,—

Instytucje państwowe, społeczne, zakłady pracy, szkoły itp. mogą zamawiać prenumeratę wyłącznie w miejscowych Oddziałach i Delegaturach „Ruch”.

Prenumeratorzy indywidualni mogą opłacać prenumeratę w urzędach pocztowych i u listonoszy, lub dokonywać wpłat na konto PKO Nr 1-6-100020 — Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw „Ruch”, Warszawa, ul. Towarowa 28 (w terminie do 10 dnia miesiąca poprzedzającego okres prenumeraty).

Prenumerata zagraniczna

Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę, która jest o 40% droższa od prenumeraty krajowej, przyjmuje Biuro Kolportażu Wydawnictw Zagranicznych „Ruch” Warszawa, ul. Wronia 23, konto PKO Nr 1-6-100024.

Bieżące i archiwalne numery można nabywać lub zamawiać we Wzorcowni Wydawnictw Naukowych PAN — Ossolineum — PWN, Warszawa, Pałac Kultury i Nauki (wysoki parter) oraz w księgarniach naukowych „Domu Książki”.

Sprzedaż egzemplarzy numerów zdezaktualizowanych, na uprzednie pisemne zamówienia, prowadzi Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw „Ruch” Warszawa, ul. Towarowa 28.

Subscription orders can be sent directly to:

„Ars Polona—Ruch”

Warszawa 1

P.O. Box 154

sending remittance of \$ 9 through
the Bank Handlowy — Warszawa, Traugutta 7

Kosmos A., R. XXI, 2, 127—234, marzec—kwiecień, Warszawa 1972.

Indeks 36417
