

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS



Rok 37

WARSZAWA 1988

Numer 1 (198)

PAŃSTWOWE

WYDAWNICTWO

NAUKOWE

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW im. KOPERNIKA

ROK 37

NUMER 1 (198)

K O S M O S

Rok założenia 1876



WARSZAWA 1988

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

RADA REDAKCYJNA

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

KOMITET REDAKCYJNY

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

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

Wydano z pomocą finansową
Polskiej Akademii Nauk

Państwowe Wydawnictwo Naukowe — Warszawa, ul. Miodowa 18

Nakład 1125+105 egz. Ark. wyd. 12,5. Ark. druk. 9,75.

Papier druk. mat. III 71 g, B-1.

Oddano do składania 26.XI.1987 r. Podpisano do druku we wrześ-
niu 1988 r. Druk ukończono we wrześniu 1988 r.

Zam. 122/88

U-57

Cena zł 190,—

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa, ul. Śniadeckich 8

STEFAN WĘGRZYN

Zakład Systemów Automatyki Kompleksowej PAN
Gliwice

J. CH. GILLE

Université Laval, Département de Génie Electrique
Québec, PQ, Canada

P. VIDAL

Université des Sciences Technique de Lille
Centre d'Automatique
Lille, France

MATEMATYCZNE MODELE PROCESÓW ROZWOJU

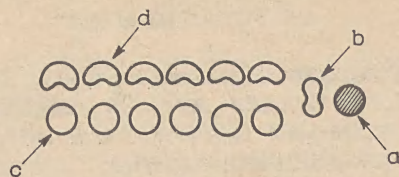
WPROWADZENIE

Przedmiotem niniejszej pracy jest matematyczna teoria uporządkowanych zbiorów dynamicznych, to jest takich, których elementy tworzą pewną strukturę i ulegają stale pewnym przekształceniom, jak np. transformacja elementu pewnego typu na element innego typu. Na skutek tych ilościowych i jakościowych zmian poszczególnych elementów zbioru zmienia się też całkowita liczba elementów zbioru i jego struktura. Problem polega na znalezieniu i rozwinięciu metod, które pozwoliłyby ze znajomości reguł transformacji elementów uporządkowanego zbioru dynamicznego wnioskować o jego rozwoju, to jest o jego strukturze, liczbie elementów i własnościach. Sądzymy, że otrzymane wyniki, które przedstawiamy w niniejszej pracy mogą być przydatne w analizie niektórych problemów wzrostu i rozwoju organizmów żywych.

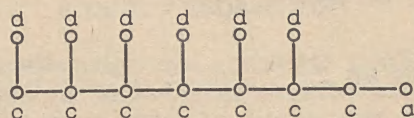
1. SYSTEM ROZWIJAJĄCY SIĘ I JEGO SŁOWO GENETYCZNE

(Pojęcia podstawowe)

Rozpatrywać będziemy uporządkowane **zbiory elementów** takie, jak np. przedstawiony na rys. 1.1. Składa się on z 14 elementów czterech typów. Przyjmując na oznaczenie typu elementu symbole a, b, c, d , tak jak to zaznaczono na rys. 1.1. można strukturę tego uporządkowanego zbioru opisać za pomocą **grafu** przedstawionego na rys. 1.2. Aby struktury przedstawione na rys. 1.1 i 1.2 zapisać analitycznie trzeba przyjąć konwencję zapisu dwóch występujących w tych strukturach kierunków: poziomego (z lewa na prawo) i pionowego (z dołu do góry). Można przyjąć, że kierunek poziomy, z lewa na prawo jest podstawowy i, że jeżeli między symbolami oznaczającymi elementy nie ma żadnych innych symboli to oznacza, że elementy ułożone



Rys. 1.1. Przykład uporządkowanego zbioru elementów



Rys. 1.2. Struktura uporządkowanego zbioru elementów z rys. 1.1 przedstawiona grafem

są poziomo; jeżeli natomiast nastąpi zmiana tego kierunku na kierunek pionowy to sygnalizować to będzie symbol D , a koniec tej zmiany symbol $\bar{D}$.

Struktury z rys. 1.1 czy 1.2 można wówczas zapisać w następujący sposób:

$$cDd\bar{D}cDd\bar{D}cDd\bar{D}cDd\bar{D}ba. \quad (1.1)$$

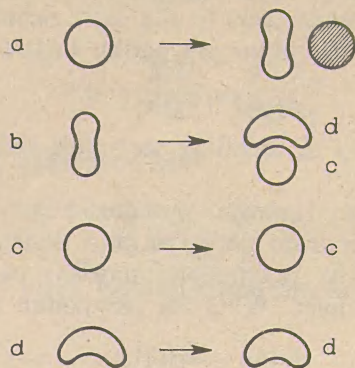
Dla uproszczenia tego zapisu można zastąpić symbol D przez symbol okrągłego nawiasu otwierającego, a symbol $\bar{D}$ przez symbol okrągłego nawiasu zamykającego. Otrzymamy wówczas:

$$c(d)c(d)c(d)c(d)c(d)ba. \quad (1.2)$$

Zakładamy, że rozpatrywane przez nas systemy są systemami dynamicznymi, rozwijającymi się, to znaczy takimi, których elementy ulegają stale pewnym podziałom i transformacjom. Początkowo założymy dla prostoty, że transformacje dokonywane są periodycznie i synchronicznie, w tych samych momentach czasu dla wszystkich elementów zbioru. Załóżmy np. dla poszczególnych typów elementów zbioru z rys. 1.1 takie transformacje, jak przedstawione na rys. 1.3. Korzystając z symboli literowych a, b, c, d przyjętych dla poszczególnych typów elementów oraz symboli „(”, „)” dla oznaczenia początku i końca pionowego kierunku rozwoju można transformacje z rys. 1.3 zapisać w następujący sposób:

$$\begin{aligned} a &\rightarrow ba \\ b &\rightarrow c(d) \\ c &\rightarrow c \\ d &\rightarrow d \end{aligned}$$

Opisując system rozwojowy ogólnie przyjmujemy, że jest on zbudowany z m różnych typów elementów oznaczonych symbolami: $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m$, przy czym właściwą dla każdego z tych typów elementów operacją



Rys. 1.3. Przykładowe transformacje elementów w procesie rozwojowym

elementarną oznaczmy odpowiednio $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m$. Ciąg symboli operacji elementarnych $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m$ określających transformacje, którym podlegają elementy typów $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m$ nazwiemy **słowem genetycznym MG** danego systemu rozwojowego. Jest więc:

$$MG = A_1 A_2 \dots A_i \dots A_m = \text{SEQ}_{i=1}^m A_i. \quad (1.3)$$

Zbiór m typów elementów oznaczamy przez

$$Z = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m\}.$$

System rozwojowy SE jest zdefiniowany przez jego słowo genetyczne MG rozpięte nad zbiorem Z wszystkich typów elementów występujących w rozpatrywanym systemie oraz przez pewien warunek początkowy, za który będziemy przyjmowali zawsze element a_1 co zapisujemy:

$$SE = \frac{MG}{Z} = \frac{\text{SEQ}_{i=1}^m A_i}{Z} = \frac{A_1 A_2 \dots A_i \dots A_m}{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m}. \quad (1.4)$$

O operacjach A_i zakładamy, że przekształcają elementy zbioru Z w elementy również należące do tego zbioru, czyli że:

$$\text{jeżeli: } A_i \in MG \quad \text{ i } \quad a_i \in Z, \quad \text{ to } \quad A_i(a_i) \in Z.$$

Ogólnie można je podzielić na trzy klasy: operacje podziału, operacje transformacji i operacje stagnacji.

W przypadku operacji podziału jest:

$$A_i(a_i) = a_j D_i a_k \bar{D}_i, \quad (1.5)$$

gdzie: D_i — symbol kierunku umieszczenia elementu a_k względem a_j , $\bar{D}_i$ — koniec ciągu elementów na tym kierunku. Jeżeli jest tylko jeden kierunek

rozwoju, względnie jeden dominujący, to dla jego zaznaczenia nie będziemy stosować żadnych symboli. W takim przypadku będzie więc:

$$A_i(a_i) = a_j a_k,$$

co oznacza, że elementy a_j i a_k znajdują się obok siebie wzdłuż głównego kierunku rozwoju.

Jeżeli będą dwa kierunki rozwoju, np. dominujący poziomy (od lewej ku prawej) i pionowy (od dołu do góry), to jako symbole początku i końca kierunku pionowego będziemy przyjmować nawiasy okrągłe, otwierający — początek i zamykający — koniec. W takim przypadku będzie więc:

$$A_i(a_i) = a_j(a_k).$$

Jeżeli będą trzy kierunki rozwoju, np. dominujący poziomy (od lewej ku prawej), pionowy pierwszy (od dołu do góry) i pionowy drugi (od góry do dołu) to jako symbole początku i końca kierunku pionowego pierwszego przyjmujemy odpowiednio otwierające i zamykające nawiasy okrągłe „(”, „)”, a jako symbole początku i końca drugiego kierunku przyjmujemy odpowiednio otwierające i zamykające nawiasy graniaste „[”, „]”. Będzie więc:

$$A_i(a_i) = a_j(a_k),$$

względnie:

$$A_i(a_i) = a_j[a_k].$$

W przypadku operacji **transformacji** jest:

$$A_i(a_i) = a_j. \quad (1.6)$$

W przypadku operacji **stagnacji** jest:

$$A_i(a_i) = a_i. \quad (1.7)$$

Kolejność zapisu typów elementów w zbiorze

$$Z = \{a_1, a_2 \dots a_i, \dots a_m\},$$

oraz kolejność zapisu odpowiadających im operacji w ciągu

$$MG = A_1 A_2 \dots A_i \dots A_m,$$

nie jest przypadkowa, lecz taka aby w przypadku operacji podziału było:

$$A_i(a_i) = a_j D_i a_k \bar{D}_i, \quad \text{gdzie} \quad \begin{matrix} j \geq i, & k \geq i. \\ j \neq k \end{matrix} \quad (1.8)$$

W przypadku operacji **transformacji** jest:

$$A_i(a_i) = a_j, \quad \text{gdzie} \quad j > i, \quad (1.9)$$

a w przypadku operacji **stagnacji**

$$A_i(a_i) = a_i. \quad (1.10)$$

Rozpatrzmy dla przykładu system rozwijający się *SE* zdefiniowany przez

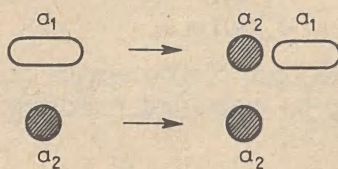
słowo genetyczne $MG = A_1 A_2$ rozpięte nad zbiorem $Z = \{a_1, a_2\}$, co zapiszemy:

$$SE = \frac{MG}{Z} = \frac{A_1 A_2}{a_1, a_2}. \quad (1.11)$$

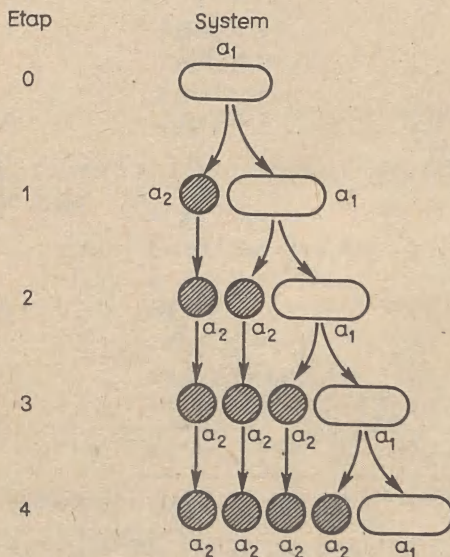
O operacjach A_1 i A_2 założymy, że:

$$\begin{aligned} A_1(a_1) &= a_2 a_1, \\ A_2(a_2) &= a_2. \end{aligned} \quad (1.12)$$

Ilustracją tych operacji niech będą przekształcenia elementów przedstawione na rys. 1.4.



Rys. 1.4. Ilustracje operacji (1.12)



Rys. 1.5. Rozwój systemu $SE = \frac{A_1 A_2}{a_1, a_2}$ określonego równaniami (1.12) etap po etapie od etapu 0 do 4

Rozwój tego systemu etap po etapie jest przedstawiony na rys. 1.5, a jego opis matematyczny dany jest równaniami (1.13). Przyjmując jako warunek początkowy a_1 otrzymujemy na podstawie równań (1.12):

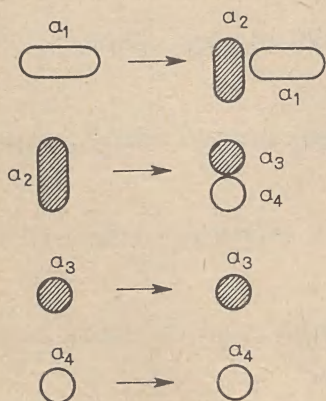
Etap	System
0	a_1
1	$a_2 a_1$
2	$a_2 a_2 a_1$
3	$a_2 a_2 a_2 a_1$
4	$a_2 a_2 a_2 a_2 a_1$

(1.13)

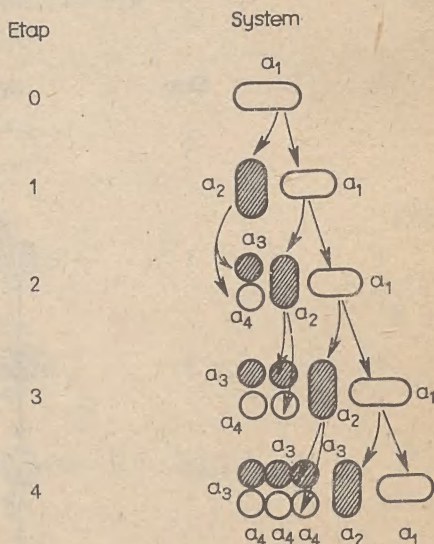
Innym przykładem niech będzie system rozwijający się *SE* zdefiniowany przez słowo genetyczne $MG = A_1 A_2 A_3 A_4$ rozpięte nad zbiorem $Z = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$. O operacjach A_1, A_2, A_3, A_4 założymy, że

$$\begin{aligned} A_1(a_1) &= a_2 a_1, \\ A_2(a_2) &= a_3(a_4), \\ A_3(a_3) &= a_3, \\ A_4(a_4) &= a_4. \end{aligned} \quad (1.14)$$

Ilustracją tych operacji niech będą przekształcenia przedstawione na rys. 1.6. Rozwój systemu (1.14) etap po etapie jest przedstawiony na rys. 1.7.

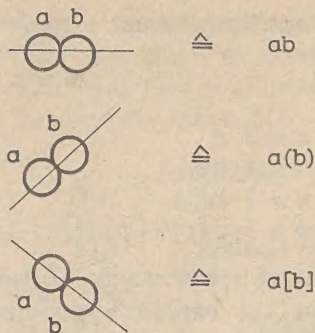


Rys. 1.6. Ilustracja operacji A_1, A_2, A_3, A_4 z równań (1.14)



Rys. 1.7. Rozwój systemu określonego równaniami (1.14) od zerowego etapu do etapu czwartego

Rozpatrzmy jeszcze system rozwijający się oparty o trzy kierunki rozwoju: poziomy jako główny, pionowy ukośny z dołu do góry, dla którego początku i końca przyjmujemy symbole nawiasów okrągłych otwierający i zamykający, oraz pionowy ukośny z góry do dołu, dla którego początku i końca przyjmujemy symbole nawiasów graniastych otwierający i zamykający tak jak to ilustruje rys. 1.8.



Rys. 1.8. Oznaczenie trzech kierunków rozwoju

Niech będzie:

$$SE = \frac{MG}{Z} = \frac{A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6}{a, b, c, d, e, f},$$

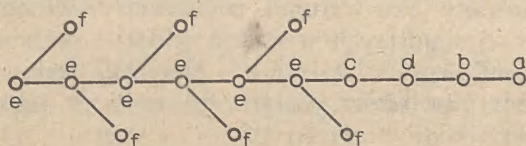
gdzie:

$$\begin{aligned} A_1(a) &= ba, \\ A_2(b) &= cd, \\ A_3(c) &= e(f), \\ A_4(d) &= e[f], \\ A_5(e) &= e, \\ A_6(f) &= f. \end{aligned} \quad (1.15)$$

Na podstawie tych równań (1.15) otrzymamy zaczynając od etapu zerowego, na którym istnieje tylko element a :

Etap	Struktura systemu
0	a
1	ba
2	$cdba$
3	$e(f) e[f] cdba$
4	$e(f) c[f] e(f) e[f] cdba$
n	$\underbrace{e(f) e[f] e(f) \dots e[f] cdba}_{2n-4}$

Strukturę tego systemu na piątym etapie rozwoju ilustruje rys. 1.9.



Rys. 1.9. System ewolucyjny zdefiniowany równaniami (1.15) na piątym etapie rozwoju

Proces rozwoju (1.16) można również zapisać za pomocą następującej procedury rekurencyjnej.

Procedura $P(n)$

$$\begin{aligned} n &= 0, a \\ n &= 1, ba \\ n &= 2, cdba \\ n &\geq 3, e(f)e[f]P(n-1). \end{aligned} \quad (1.17)$$

Procedura $P(n)$ jest procedurą rekurencyjną. Z takiej możliwości określenia przebiegu procesu rozwoju jest bardzo wygodnie skorzystać w przypadku posługiwania się w analizie procesów rozwojowych programami komputerowymi. W przypadku np. systemu rozwijającego się (1.15) i określającej jego program procedury rekurencyjnej (1.17) odpowiedni program komputerowy w języku PASCAL będzie miał postać:

```
function P (n: integer): string;
if n = 0 then
return 'a'
else
if n = 1 then
return 'ba'
else
if n = 2 then
return 'cdba'
else
if n >= 3 then
return CONCAT ('e (f) e [f]', P (n-1)).
```

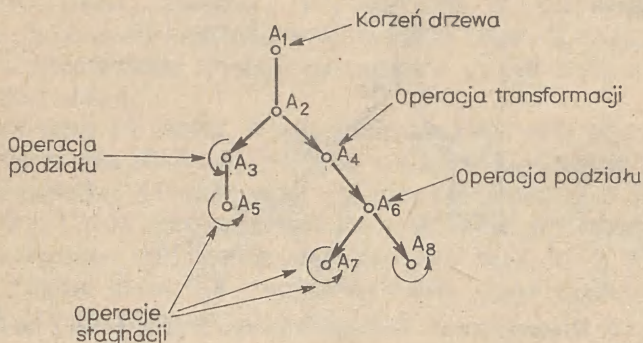
2. UOGÓLNIONE SŁOWO GENETYCZNE

Ciąg operacji $A_1 A_2 \dots A_i \dots A_m$ odpowiadających m typom elementów $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m$ nazwaliśmy **słowem genetycznym MG** danego systemu rozwijającego się. Jeżeli symbole operacji $A_1, A_2, \dots, A_i \dots A_m$ traktować jako **litery** pewnego języka, to ciąg MG można traktować jako słowo w tym języku. Aby być poprawne musi ono spełniać następujące warunki (1.8) i (1.9), które można nazwać regułami gramatyki tego języka:

$$\begin{aligned} \text{jeżeli } A_i(a_i) &= a_j, \text{ to } j > i, \\ \text{jeżeli } A_i(a_i) &= a_j D_i a_k \bar{D}_i, \text{ to } j \geq i, k \geq i, j \neq k. \end{aligned} \quad (2.1)$$

Warunki te i przyjmowany jako warunek początkowy element a_1 prowadzą do realizacji operacji występujących w słowie, kolejno zaczynając od pierwszego elementu występującego w zbiorze Z i pierwszej operacji występującej w słowie MG. Można powiedzieć, że jest to czytanie tekstu słowa MG od lewej ku prawej.

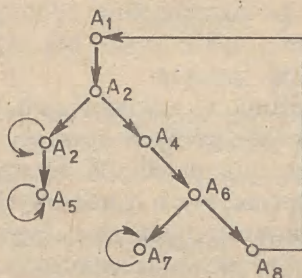
W przypadku słowa genetycznego spełniającego warunki określone relacjami (2.1) mówimy, że jest to poprawne **słowo genetyczne o strukturze liniowej**. Słowo genetyczne o strukturze liniowej można zilustrować drzewem binarnym takim, jak pokazano na rys. 2.1 dla przypadku $MG = A_1 A_2 A_3 A_3 A_5 A_6 A_7 A_8$.



Rys. 2.1. Przykładowe drzewo binarne liniowego słowa genetycznego

Jeżeli warunki liniowości słowa (2.1) nie są w przypadku pewnego „i” spełnione, a jego drzewo binarne ma postać przedstawioną na rys. 2.2, to mówimy o słowie genetycznym o **strukturze kołowej z pętlą globalną**. Słowo genetyczne o strukturze kołowej z pętlą globalną z rys. 2.2 zapiszemy w postaci:

$$MG = \overline{\rightarrow A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6 A_7 A_8 \mid} \quad (2.2)$$



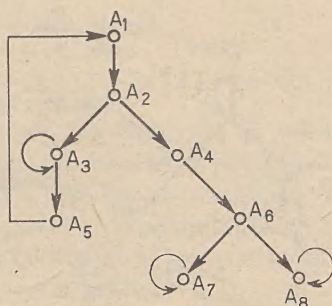
Rys. 2.2. Drzewo słowa genetycznego o strukturze kołowej z pętlą globalną

Jeżeli warunki (2.1) nie są w przypadku pewnego „i” spełnione, a jego drzewo binarne ma postać przedstawioną na rys. 2.3 to mówimy o **słowie genetycznym z kołową pętlą lokalną**. Słowo genetyczne z kołową pętlą lokalną z rys. 2.3 zapiszemy w postaci:

$$MG = \overline{\rightarrow A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 \mid} A_6 A_7 A_8 \quad (2.3)$$

Zakładaliśmy dotąd, że porządek wykonywania operacji reprezentowanych symbolami $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m$ jest określony miejscem symbolu w tekście

słowa genetycznego MG i nie zależy ani od warunków zewnętrznych ani od historii systemu ewolucyjnego SE . Jest to najprostszy system operacyjny, sztywny, bezkontekstowy nie wymagający żadnych dodatkowych tekstów w słowie genetycznym.



Rys. 2.3. Drzewo binarne słowa genetycznego z pętlą kołową lokalną

Wprowadzenie bardziej rozwiniętych systemów operacyjnych wymagałoby poprzedzenia ciągu symboli $A_1, A_2, \dots, A_m$ tekstem **globalnego** systemu operacyjnego SO_g precyzującego warunki i kolejność doboru operacji $A_1, A_2, \dots, A_m$. Mielibyśmy wówczas:

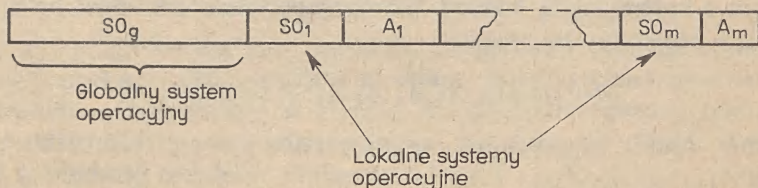
$$MG = SO_g \text{ SEQ}_{i=1}^m A_i. \quad (2.4)$$

Zakładaliśmy dotąd również, że poszczególne operacje reprezentowane symbolami $A_1, A_2, \dots, A_m$ są stałe, takie same bez względu na warunki zewnętrzne, wewnętrzne i historię systemu.

Uwzględnienie wpływu warunków zewnętrznych, wewnętrznych i historii układu na sposób realizacji poszczególnych operacji, reprezentowany symbolami A_i , wymagałoby umieszczenia przed ich tekstami, poprzedzających je tekstów lokalnych systemów operacyjnych oznaczonych symbolami SO_i . Mielibyśmy wówczas, łącznie z wprowadzeniem globalnego systemu operacyjnego następującą postać uogólnionego słowa genetycznego:

$$MG = SO_g \text{ SEQ}_{i=1}^m SO_i A_i. \quad (2.5)$$

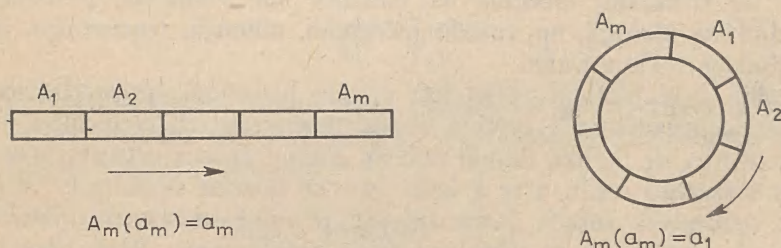
Wynika stąd format uogólnionego słowa genetycznego MG przedstawiony na rys. 2.4.



Rys. 2.4. Poglądowe przedstawienie formatu uogólnionego słowa genetycznego MG

Słowo genetyczne jest ciągiem symboli oznaczających poszczególne operacje. Jeżeli zapiszemy te symbole na jakimś nośniku symboli, przewidując dla każdego symbolu wyodrębnione miejsce fizyczne, to ciąg tych miejsc, w których znajdują się symbole $A_1, A_2 \dots A_i \dots A_m$, nazwiemy strukturą fizyczną słowa. Jeżeli natomiast wprowadzimy pewien **system operacyjny**, który będzie wyznaczał kolejność wykonywania operacji, różną od kolejności fizycznego rozmieszczenia symboli na nośniku, to będziemy mówili o strukturze logicznej słowa.

Struktura logiczna słowa, a więc kolejność odczytu jego symboli może pokrywać się z jego strukturą fizyczną a więc z kolejnością rozmieszczenia symboli na nośniku. Można wtedy mówić o najprostszym systemie operacyjnym, którego rola sprowadza się do wskazania po odczytaniu jakiegoś symbolu, następnego najbliższego fizycznie jako tego, który ma być kolejno odczytany. Pojęcie liniowej i kołowej struktury słowa można wówczas zilustrować tak jak to przedstawiono na rys. 2.5.



Rys. 2.5. Ilustracje pojęcia liniowej i kołowej struktury słowa genetycznego $MG = A_1 A_2 \dots A_m$

3. ELEMENTARNE SYSTEMY ROZWIJAJĄCE SIĘ O DWU STOPNIACH SWOBODY I SYNCHRONICZNYM TRYBIE ROZWOJU BEZ WYRÓŻNIONEGO SYSTEMU OPERACYJNEGO

Przez elementarne systemy rozwijające się o dwu stopniach swobody i synchronicznym trybie rozwoju będziemy rozumieć systemy, w których zbiór operacji elementarnych jest ograniczony do sześciu zdefiniowanych w następujący sposób:

Symbol	Nazwa	Równanie
T:	Transformacja	$T(a_n) = b_{n+1}$
B:	Bifurkacja	$B(a_n) = b_{n+1} c_{n+1}$
C:	Bifurkacja ze zmianą kierunku	$C(a_n) = b_{n+1} (c_{n+1})$
G:	Generacja liniowa	$L(a_n) = b_{n+1} a_{n+1}$
R:	Generacja ze zmianą kierunku	$R(a_n) = b_{n+1} (a_{n+1})$
S:	Stagnacja	$S(a_n) = a_{n+1}$

(3.1)

Indeks „ n ” oznacza tu czas dyskretny procesu rozwoju. Na przykład równanie $T(a_n) = b_{n+1}$ oznacza, że element typu „ a ” po każdym takcie czasu dyskretnego ulega transformacji w następnym takcie na element typu „ b ”.

Założenie o synchronicznym trybie pracy oznacza, że czas dyskretny „ n ” jest wspólny dla wszystkich elementów i dlatego transformacje wszystkich elementów odbywają się jednocześnie. Pamiętając o tym założeniu relacje (3.1) będziemy zapisywać w skróceniu tak:

$$\begin{array}{ll} a \rightarrow b & a \rightarrow ba \\ a \rightarrow bc & a \rightarrow b(a) \\ a \rightarrow b(c) & a \rightarrow a \end{array} \quad (3.2)$$

Co do lokalnych systemów operacyjnych to zakładamy, że są one bardzo proste i sprowadzają się do jednoczesnego, w dyskretnych momentach czasu $n = 1, 2, 3, \dots$, przechodzenia wszystkich elementów z jednego etapu rozwoju na następny. Zakładamy również bardzo prosty globalny system operacyjny, sprowadzający się do realizowania operacji elementarnych zgodnie ze słowem genetycznym, czytany od lewej ku prawej.

Pozostając w obszarze tak określonych elementarnych systemów rozwijających się wskażemy obecnie na niektóre ich własności, posiadające odpowiedniki w biologii, np. zasada hierarchii, mutacja, regeneracja, problemy rekombinacji i klonowania.

Hierarchia — W biologii znana jest zasada hierarchii sprowadzająca się do tego, że w organizmach żywych z podstawowych ich elementów czyli komórek tworzą się tkanki, tkanki tworzą organy proste, organy proste tworzą organy wyższego rzędu a te z kolei tworzą złożone organizmy. Wykażemy, że tak rozumiana zasada hierarchii jest również własnością systemów rozwijających, wynikającą ze struktury słowa genetycznego. Wykażemy to w następujący sposób:

Słowo genetyczne $MG = \text{SEQ}_{i=1}^m A_i$

można przedstawić w następującej postaci:

$$MG = A_1 \text{SEQ}_{i=2}^m A_i, \quad (3.3)$$

czyli jako operację A_1 na podślowie:

$$\text{SEQ}_{i=2}^{i=m} A_i.$$

Rozpatrzmy obecnie dwa przypadki, ze względu na typ operacji A_i :
: $A_1 \in \{L, R, T\}$ oraz $A_1 \in \{B, C\}$. Jeżeli $A_1 \in \{L, R, T\}$ to sekwencje

$$\text{SEQ}_{i=2}^{i=m} A_i$$

można traktować jako **podśłowo** X słowa MG .
Zanotujemy:

$$MG = A_1 X \quad (3.4)$$

$$X = \text{SEQ}_{i=2}^m A_i. \quad (3.5)$$

Jeżeli $A_1 \in \{B, C\}$ to trzeba wyróżnić dwa podśłowa X i Y wyróżnione przez operację bifurkacji A_1 . Oznaczamy przez X podśłowo, które zaczyna się od A_2 , a przez Y podśłowo, które zaczyna się od A_3 , będzie zatem

$$MG = A_1 \begin{matrix} \nearrow Y \\ \searrow X \end{matrix}. \quad (3.6)$$

Podśłowa X, Y można w ten sposób nadal dekomponować dochodząc aż do momentu, kiedy podśłowa sprowadza się do prostych liter odpowiadających pojedynczym elementom. Rozpatrzmy obecnie szczegółowej strukturę słowa $A_1 X$ i przypadek $A_1 = L$ (generacja liniowa).

Rozwój systemu o słowie genetycznym LX z warunkiem początkowym „a” można opisać w następujący sposób:

$$\begin{aligned} a &\rightarrow X_0 a, \\ X_k &\rightarrow X_{k+1}, \end{aligned} \quad (3.7)$$

gdzie X_k oznacza system zdefiniowany podśłowem genetycznym X na swoim k -tym etapie rozwoju. Wychodząc z (3.7) otrzymamy następujące struktury na kolejnych etapach rozwoju:

Etap	Struktura
0	a
1	$X_0 a$
2	$X_1 X_0 a$
k	$X_{k-1} X_{k-2} \dots X_0 a$

(3.8)

Założmy obecnie $A_1 = R$ (generacja ze zmianą kierunku). System rozwojowy określają wówczas relacje:

$$\begin{aligned} a &\rightarrow X_0 (a) \\ X_k &\rightarrow X_{k+1}. \end{aligned} \quad (3.9)$$

Na podstawie równań (3.9) otrzymujemy:

Etap	Struktura
0	a
1	$X_0 (a)$
2	$X_1 (X_0 (a))$
k	$X_{k-1} (X_{k-2} (\dots X_1 (X_0 (a)) \dots))$

(3.10)

Założmy w końcu $A_1 = T$ (transformacja). Rozwój systemu jest określony, w tym przypadku relacjami:

$$\begin{aligned} a &\rightarrow X_0 \\ X_k &\rightarrow X_{k+1}, \end{aligned} \quad (3.11)$$

a stąd kolejne etapy rozwoju systemu:

Etap	Struktura
0	a
1	X_0
2	X_1
k	X_{k-1}

(3.12)

Relacje (3.8) i (3.10) wskazują na to, że operacje L i R realizowane na podślowie X prowadzą do układów łańcuchowych systemów zdefiniowanych podśłowem X . Relacje (3.12) wskazują natomiast na to, że operacja T na podślowie X powoduje opóźnienie o jeden etap rozwoju systemu określonego podśłowem X .

Rozpatrzmy obecnie przypadek $A_1 \in \{B, C\}$. Załóżmy najpierw $A_1 = B$ (operacja bifurkacji). Rozwój systemu BXY jest określony równaniami:

$$\begin{aligned} a &\rightarrow X_0 Y_0 \\ X_k &\rightarrow X_{k+1} \\ Y_k &\rightarrow Y_{k+1} \end{aligned} \quad (3.13)$$

skąd wynika następujący proces rozwoju systemu

Etap	Struktura
0	a
1	$X_0 Y_0$
2	$X_1 Y_1$
k	$X_{k-1} Y_{k-1}$

(3.14)

Jeżeli $A_1 = C$ (bifurkacja ze zmianą kierunku), w identyczny sposób otrzymamy:

Etap	Struktura
0	a
1	$X_0 (Y_0)$
2	$X_1 (Y_1)$
k	$X_{k-1} (Y_{k-1})$

(3.15)

Na podstawie (3.14) i (3.15) możemy powiedzieć, że realizacja operacji B i C na podśłowach X i Y prowadzi do struktury złożonej z dwóch podsystemów zdefiniowanych odpowiednio podśłowami X i Y .

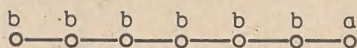
Reasumując można stwierdzić, że dekompozycja słowa genetycznego prowadzona od jego strony lewej ku prawej prowadzi do podziału systemu na coraz prostsze podsystemy schodząc aż do pojedynczych elementów. Jeżeli natomiast będziemy syntezować układ idąc w słowie od strony prawej ku lewej to będzie to układanie elementów w najprostsze podsystemy, następnie układanie tych podsystemów w wyżej zorganizowane systemy aż do ostatecznej struktury końcowej złożonego systemu. Wykażemy, że można to interpretować jako proces rozwoju, w którym elementy układają się

w tkanki, tkanki w organy proste, a organy proste w organy coraz to wyższego rzędu.

Tkanki — Rozpatrzmy wynik działania operacji L na podsystem X złożony z jednego elementu $X = S$. Zakładając warunek początkowy $X_0 = b$, otrzymamy $X_{k-1} = X_{k-2} = \dots = X_0 = b$, a stąd na podstawie (3.8) dla k -tego etapu rozwoju tego systemu mamy:

$$\underbrace{b \ b \ b \ \dots \ b \ b \ a}_{k} \quad (3.16)$$

Taką strukturę nazwiemy prostą, pojedynczą **tkanką** utworzoną z elementów b . Jest ona przedstawiona na rys. 3.1.



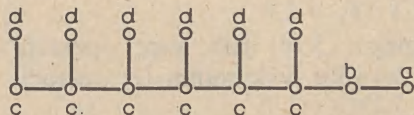
Rys. 3.1. Prosta tkanka utworzona z pojedynczych elementów

Rozpatrzmy obecnie system LX , w którym podsłowo X jest nieco bardziej skomplikowane i ma postać $X = CSS$, z warunkiem początkowym $X_0 = b$, $X_1 = c(d)$.

W tym przypadku struktura na k -tym etapie rozwoju ma postać nieco bardziej skomplikowaną:

$$\underbrace{c(d) \ c(d) \ \dots \ c(d) \ c(d) \ ba}_{k-1} \quad (3.17)$$

Struktura takiej nieco bardziej rozwiniętej tkanki utworzonej z par elementów $c(d)$ na siódmym etapie rozwoju jest przedstawiona na rys. 3.2.



Rys. 3.2. Nieco bardziej rozwinięta tkanka o słowie genetycznym LX , gdzie $X = CSS$ na siódmym etapie rozwoju

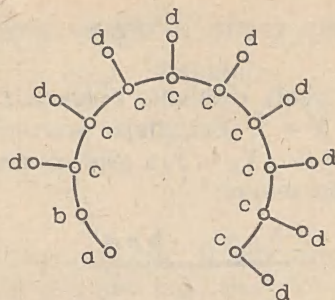
Zamiana w słowie genetycznym $LCSS$ operacji L przez operację R prowadzi do tkanki złożonej z tych samych par elementów $c(d)$, lecz ułożonych według struktury kołowej tak jak to przedstawia rys. 3.3.

Organy — Niech będzie dany złożony system rozwojowy określony słowem genetycznym

$$MG = CCCSLSRCSSLS \quad (3.18)$$

rozpiętym nad następującym zbiorem:

$$Z = \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l\}.$$



Rys. 3.3. Nieco bardziej rozwinięta tkanka utworzona z par komórek c (d) ułożonych w tkanke przez operację R

Wynikają stąd następujące relacje:

$$\begin{array}{ll}
 a \rightarrow b(c) & g \rightarrow h(g) \\
 b \rightarrow d(e) & h \rightarrow i(j) \\
 c \rightarrow g(k) & i \rightarrow i \\
 d \rightarrow d & j \rightarrow j \\
 e \rightarrow fe & k \rightarrow lk \\
 f \rightarrow f & l \rightarrow l
 \end{array} \quad (3.19)$$

Analizując słowo genetyczne

$$MG = CCCSLSRCSSLS$$

można je przedstawić w następującej postaci:

$$MG = CCCS T_1 T_2 T_3,$$

gdzie $T_1 = LS$, $T_2 = RCS$, $T_3 = LS$.

Treścią słowa genetycznego (3.18) jest więc operacja $CCCS$ nad trzema tkankami T_1, T_2, T_3 . W wyniku wykonania tej operacji otrzymujemy organ, tak jak o ilustruje rys. 3.4.

Wnioski. Łączenie się elementów w tkanki, tkanek w organy proste a organów prostych w organy wyższego rzędu jest wspólną własnością systemów rozwijających się, wynikającą ze struktury słowa genetycznego MG .

REGENERACJA

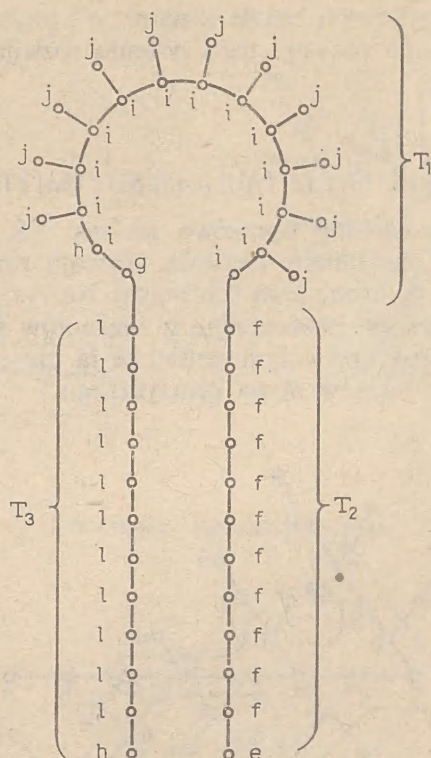
Przykładem słowa genetycznego o strukturze liniowej może być:

$$MG = LCSS. \quad (3.20)$$

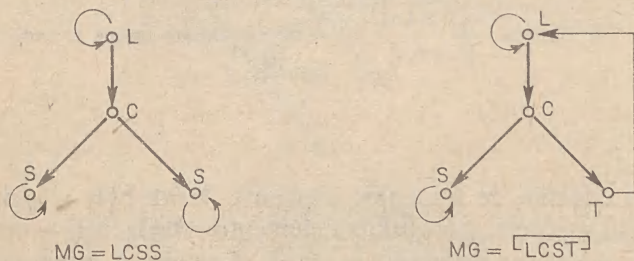
Drzewo tego słowa jest pokazane na rys. 3.5. Przykładem słowa genetycznego o strukturze kołowej może być natomiast słowo

$$MG = \overline{\rightarrow} LCST, \quad (3.21)$$

którego drzewo jest też przedstawione na rys. 3.5.



Rys. 3.4. Organ CCCS $T_1 T_2 T_3$ jako wynik operacji CCCS na trzech tkankach prostych $T_1 T_2 T_3$ na swoim trzynastym etapie rozwoju



Rys. 3.5. Przykłady słowa genetycznego o strukturze liniowej $MG = LCSS$ i słowa genetycznego o strukturze kołowej $MG = [LCST]$

Zbadajmy jak zależy zdolność regeneracji elementarnego systemu rozwojowego w zależności od tego czy jego słowo genetyczne ma strukturę liniową czy kołową. Niech będzie np. system rozwojowy SE zdefiniowany przez kołowe słowo genetyczne $MG = [LCST]$ rozpięte nad zbiorem $Z = \{a, b, c, d\}$. Jest więc,

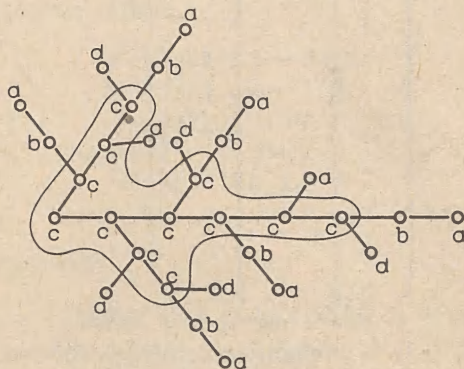
$$SE = \frac{[LCST]}{a, b, c, d} \quad (3.22)$$

Jeżeli warunkiem początkowym będzie element „a”, otrzymamy na podstawie (3.22) dla siódmego etapu rozwoju tego systemu rozwijającego się:

$$[SE]_{k=7} = \left[\frac{LCST}{a, b, c, d} \right]_{k=7} =$$

$$= c(c(ba)c(a)c(d)ba)c(c(a)c(d)ba)c(c(d)ba)c(ba)c(a)c(d)ba. \quad (3.23)$$

System ten jest przedstawiony obrazowo na rys. 3.6, gdzie dla większej czytelności przyjęliśmy, że zmiany kierunku rozwoju zaznaczone nawiasami następują na przemian w stronę lewą lub prawą. Na rys. 3.6 obszar zamknięty linią ciągłą jest obszarem utworzonym z elementów stagnacji. Można go uważać za już stałą strukturę w tym sensie, że ta część już się nie rozwija i nie musi korzystać z tekstów słowa genetycznego.



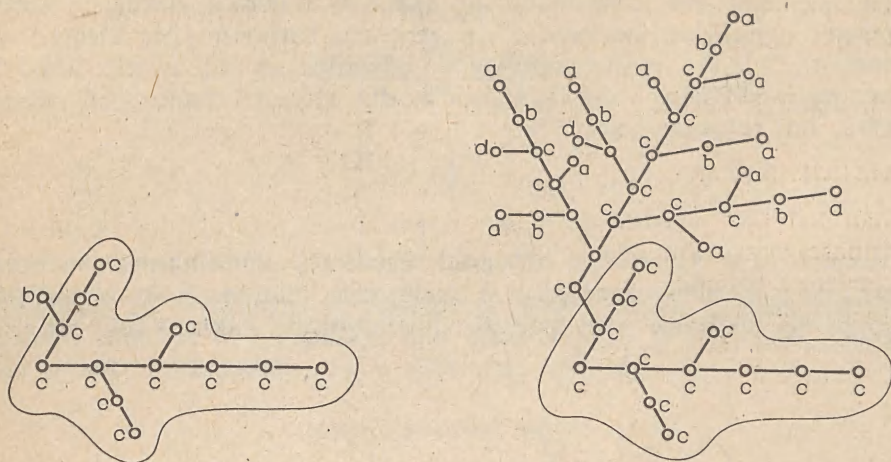
Rys. 3.6. System $\frac{\boxed{\rightarrow LCST \rightarrow}}{a, b, c, d}$ na swoim siódmym etapie rozwoju

Przypuśćmy obecnie, że wszystkie elementy, które były w stanie rozwoju zostały z systemu usunięte, z wyjątkiem elementów będących w stanie S (stagnacji) i jednego elementu będącego w stanie rozwoju, a mianowicie elementu *b*. Zaczynając od tego jednego elementu jako warunku początkowego system się regeneruje i po 9 etapie rozwoju powraca do swej poprzedniej struktury, tak jak to przedstawiono na rys. 3.7.

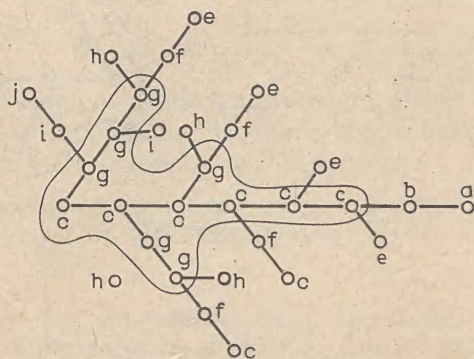
Zbadajmy obecnie możliwości odbudowy w przypadku systemu rozwijającego się o słowie genetycznym **liniowym**. Niech będzie następujący system rozwijający się:

$$SD = \frac{LCSTLCSTLS}{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j}, \quad (3.24)$$

którego struktura na jego siódmym etapie rozwoju jest przedstawiona na rys. 3.8. Jest mianowicie:



Rys. 3.7. Uszkodzenie i regeneracja systemu $\frac{\boxed{LCST}}{a, b, c, d}$



Rys. 3.8. Systemy rozwijające się $SD = \frac{LCSTLCSTLS}{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j}$ na swoim siódmym etapie rozwoju

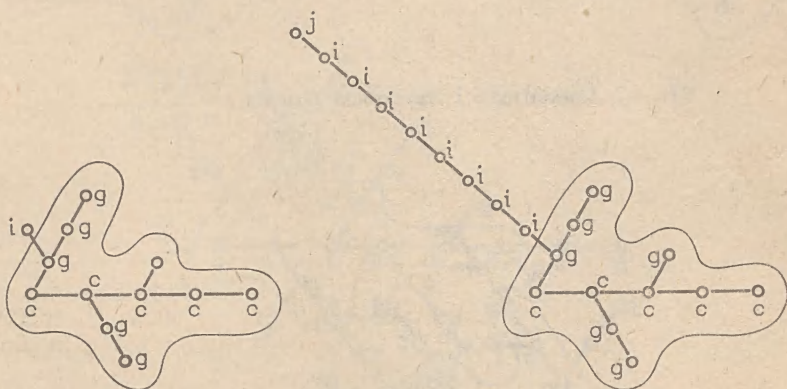
$$\left[\frac{LCSTLCSTLS}{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j} \right]_{k=7} = c (g (ji) g (i) g (h) fe) c (g (i) g (h) fe) c (g (h) fe) c (fe) c (e) d (d) ba. \quad (3.25)$$

Z rys. 3.6 i 3.8 wynika, że struktury generowane przez słowo genetyczne kołowe wzór (3.23) na siódmym etapie rozwoju i przez słowo genetyczne liniowe wzór (3.25) na swoim siódmym etapie rozwoju są identyczne. Przy-
puśćmy obecnie jak poprzednio, że wszystkie elementy rozwijające się, znaj-

dujące się poza obwiednią otaczającą elementy stagnacji, zostają z systemu usunięte z wyjątkiem elementu „i”. Regeneracja rozpocznie się więc od tego elementu „i”, lecz w tym przypadku nie odbuduje się cały system, lecz tylko jeden jego podsystem, ten mianowicie, dla którego element „i” stanowi korzeń. Jest to podsystem:

$$\frac{LS}{i, j}$$

Ilustruje to rys. 3.9. Różne własności regeneracji elementarnych systemów opisanych przez słowo genetyczne o strukturach liniowej i kołowej pochodzą stąd, że nie posiadają one systemów operacyjnych. Zakładaliśmy tylko, że



Rys. 3.9. Uszkodzenie i regeneracja systemu rozwojowego zdefiniowanego słowem liniowym
LCSTLCSTLS

programowa struktura logiczna systemów elementarnych pokrywa się z ich strukturą fizyczną, a ta w przypadku słowa genetycznego kołowego pozwala na powrót do tekstów już odczytanych. W przypadku struktury liniowej jest to, bez systemu operacyjnego, niemożliwe.

MUTACJA

Przez analogię z pojęciem mutacji biologicznej, przez którą rozumiemy zmiany organizmów wywołane zmianami tekstów w łańcuchu DNA, rozpatrzmy obecnie zmiany, które wywołuje w strukturze systemu rozwijającego się zmiana litery w tekście słowa genetycznego. Zakładamy, że zmiana jest taka, że słowo pozostaje dalej słowem poprawnym, a więc może być podslowem rozwoju nowego, choć różnego od poprzedniego, systemu rozwijającego się. Warunek poprawności gramatycznej słowa **mutanta** pozwala tylko na takie zmiany liter, które w tablicy I oznaczono symbolami +.

Tablica I

	L	R	B	C	T	S
L	+	+			+	
R	+	+			+	
B			+	+		
C			+	+		
T	+	+			+	
S						+

Porównamy na wybranym przykładzie do jakich zmian struktury systemu prowadzi mutacja w przypadku słów genetycznych o strukturze liniowej, a do jakich w przypadku słów o strukturze kołowej.

Słowo o strukturze liniowej

Niech będzie dany system

$$SE = \frac{LCSTS}{a, b, c, d, e} \quad (3.26)$$

Porównajmy jego strukturę ze strukturą systemu mutantu

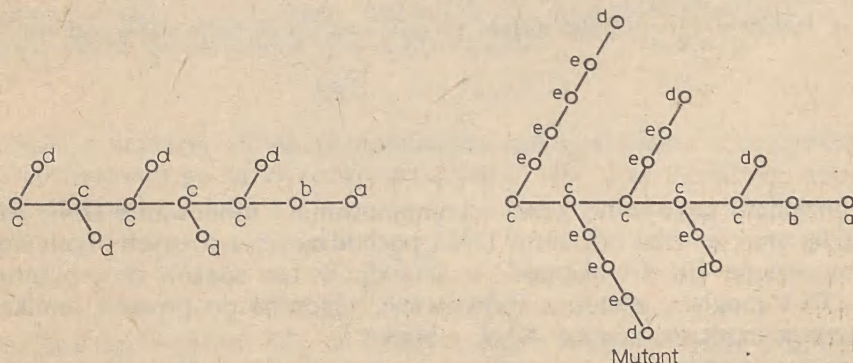
$$SE_m = \frac{LCSLS}{a, b, c, d, e} \quad (3.27)$$

a więc takiego, w którego słowie genetycznym (3.26) litera T została zamieniona na literę L . Przyjmując, że oba systemy miały ten sam warunek początkowy, którym była komórka „a” otrzymamy:

$$\left[\frac{LCSTS}{a, b, c, d, e} \right]_{k=6} = c(e) c(e) c(e) c(e) c(d) ba, \quad (3.28)$$

$$\left[\frac{LCSLS}{a, b, c, d, e} \right]_{k=6} = c(eeee) c(eeed) c(eed) c(ed) c(d) ba.$$

Te obie struktury są przedstawione na rys. 3.10.



Rys. 3.10. Systemy rozwojowe zdefiniowane słowami genetycznymi $LCSTS$ i jego mutantem $LCSLS$ na siódmym etapie rozwoju

Słowo o strukturze kołowej

Rozpatrzmy obecnie skutki mutacji polegającej na zamianie litery T na L , w słowie genetycznym o strukturze kołowej $\boxed{\rightarrow TCS \rightarrow}$ która przechodzi na $\boxed{\rightarrow LCS \rightarrow}$.

Porównując te dwa systemy rozwijające się:

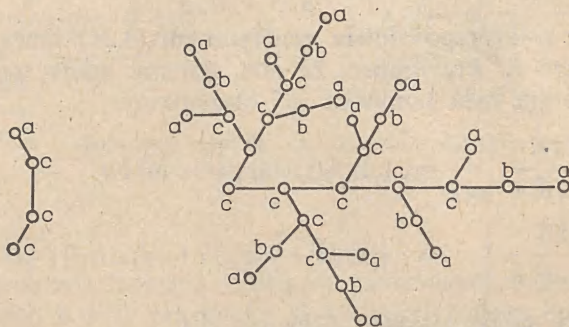
$$ES = \frac{\boxed{\rightarrow TCS \rightarrow}}{a, b, c} \quad \text{i} \quad ES_m = \frac{\boxed{\rightarrow LCS \rightarrow}}{a, b, c},$$

które na swoich siódmych etapach rozwoju posiadają odpowiednio strukturę:

$$\left[\frac{\boxed{\rightarrow TCS \rightarrow}}{a, b, c} \right]_{k=7} = c(c(c(a)))$$

$$\left[\frac{\boxed{\rightarrow LCS \rightarrow}}{a, b, c} \right]_{k=7} = c(c(c(a)ba)c(ba)c(a)ba)c(c(ba)c(a)ba)c(c(a)ba)c(ba)c(a)ba.$$

Struktury tych systemów są przedstawione na rys. 3.11. Z porównania rys. 3.10 i 3.11 widać o wiele większe zmiany wywołane zmianą jednego symbolu w tekście w przypadku systemu o słowie genetycznym o strukturze kołowej niż w przypadku systemu o słowie genetycznym o strukturze liniowej.



Rys. 3.11. System $\frac{\boxed{\rightarrow TCS \rightarrow}}{a, b, c}$ i jego mutant $\frac{\boxed{\rightarrow LCS \rightarrow}}{a, b, c}$ na ich siódmych etapach rozwoju

REKOMBINOWANIE I KLONOWANIE

W inżynierii genetycznej przez rekombinowanie i klonowanie DNA rozumie się łączenie ze sobą odcinków DNA pochodzących z różnych organizmów i wprowadzanie ich do układów w których w ten sposób skompilowane, nowe DNA mogłyby zostać zaaprobowane, włączone do procesu replikacji, służąc za wzorec do syntezy RNA i białka.

Zbadajmy odpowiednio analogiczne operacje w przypadku słów genetycznych, a więc problemy ich przecinania i łączenia. Aby analogie nie były

trywialne zakładamy, że przecinamy słowa genetyczne gramatycznie poprawne, a więc definiujące określone procesy rozwoju i że przecinamy je w miejscu jednego i tego samego symbolu co odpowiada w inżynierii genetycznej określeniu miejsc przecinania łańcuchów DNA przez wybór określonego enzymu restrykcyjnego. Warunek klonowania, a więc warunek aby nowe skompilowane DNA mogło zostać zaaprobowane, włączone do procesu replikacji i mogło służyć do syntezy RNA, zastępujemy tu przez warunek aby nowe skompilowane słowo genetyczne było gramatycznie poprawne i definiowało określony rozwijający się system.

Weźmy np. słowo genetyczne $MG_1 = \sqsubset LT \sqsupset$ o strukturze kołowej (co odpowiada strukturze DNA plazmidu) i przetnijmy je w miejscu, w którym występuje symbol operacji T (co odpowiada wyborowi odpowiedniego enzymu restrykcyjnego) otrzymamy:

$$MG_1 = \sqsubset LT \sqsupset = \sqsubset L \frac{T}{2} + \frac{T}{2} \sqsupset. \quad (3.29)$$

Niech będzie teraz dane obce słowo genetyczne $MG_2 = TCXTS$, gdzie X — poprawne gramatycznie pod słowo MG_2 . Wytnijmy teraz to pod słowo X ze słowa MG_2 w miejscach tego samego co poprzednio symbolu, to znaczy symbolu operacji T . Otrzymamy:

$$MG_2 = TCXTS = \frac{T}{2} + \frac{T}{2} CX \frac{T}{2} + \frac{T}{2} S. \quad (3.30)$$

Otrzymany fragment tekstu $\frac{T}{2} CX \frac{T}{2}$ z obcego słowa genetycznego wprowadźmy obecnie do przeciętnego słowa o strukturze kołowej (3.29), tak aby powstałe w wyniku cięcia końce $T/2$ się połączyły. Będzie:

$$\sqsubset L \frac{T}{2} + \frac{T}{2} \sqsupset + \frac{T}{2} CX \frac{T}{2} = \sqsubset LTCXT \sqsupset. \quad (3.31)$$

Łatwo sprawdzić, że otrzymany ciąg symboli $\sqsubset LTCXT \sqsupset$ jest poprawnym słowem genetycznym i definiuje nowy system rozwijający się oparty o słowo genetyczne MG_1 , do którego wprowadzono fragment X wzięty z tekstu obcego słowa genetycznego MG_2 . Oznaczmy:

$$MG_3 = \sqsubset LTCXT \sqsupset. \quad (3.32)$$

Zgodnie z definicją słowa genetycznego rozwój systemu rozwijającego się SE_1 zdefiniowanego przez słowo genetyczne MG_1 jest określony następującymi relacjami:

$$\begin{array}{l} a \rightarrow ba \quad L \leftarrow \\ b \rightarrow a \quad T - \end{array} \quad (3.33)$$

Struktura tego systemu SE_1 na szóstym etapie rozwoju będzie miała postać:

$$[SE_1]_5 = baabaababaaba. \quad (3.34)$$

Natomiast rozwój systemu rozwijającego się SE_3 , zdefiniowanego przez zrekombinowane słowo genetyczne MG_3 , będzie określony przez następujące relacje:

$$\begin{array}{ll} a \rightarrow ba & L \leftarrow \\ b \rightarrow c & T \\ c \rightarrow d(X_k) & C \\ X_k \rightarrow X_{k+1} & X \\ d \rightarrow a & T \end{array}$$

Z porównania formuł (3.34) i (3.35) widać, że system rozwojowy SE_3 ósmym etapie będzie miała postać:

$$SE_7 = d(X_0) cba(X_4) d(X_3) d(X_2) d(X_1) d(X_0) cba. \quad (3.35)$$

Z porównania formuł (3.34) i (3.35) widać, że system rozwojowy SE_3 przejął od słowa genetycznego MG_2 fragment X , zaczął go produkować i wkomponował do swojej struktury. Niech np. fragment X reprezentuje strukturę $X = BSS$, zdefiniowany relacjami:

$$\begin{array}{ll} e \rightarrow fg & B \\ f \rightarrow f & S \\ g \rightarrow g & S \end{array} \quad (3.36)$$

W tym przypadku jest:

$$X_0 = e, \quad X_1 = X_2 = \dots = X_k = fg.$$

Na podstawie (3.35) mamy więc:

$$[SE]_7 = d(e) cba(fg) d(fg) d(fg) d(fg) d(fg) d(fg) d(e) cba. \quad (3.37)$$

Struktura podstawowego systemu SE_1 o słowie genetycznym $MG_1 = \boxed{LT}$, struktura fragmentu o podslowie genetycznym $X = BSS$ i struktura systemu SE_3 o słowie genetycznym będącym wynikiem rekombinowania słowa MG_1 i pod słowa X są przedstawione na rys. 3.12. Na rysunku tym widać efekt rekombinacji słowa genetycznego MG_1 systemu SE_1 o podslowo X , jako powstanie nowego systemu SE_3 , który włączył do swojej struktury i rozwija w niej fragment X .

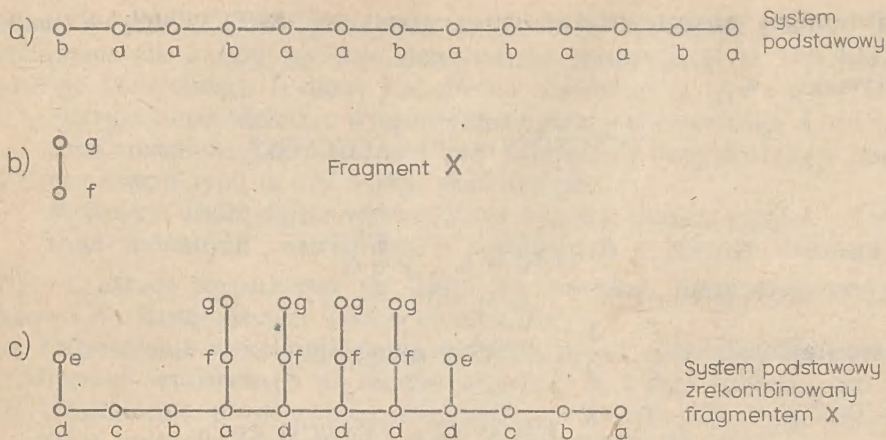
Dla przeprowadzenia rekombinacji, słowo genetyczne nie musi mieć struktury kołowej. Niech np. będzie system rozwijający się o strukturze liniowej:

$$SE_1 = \frac{MG_1}{Z_1} = \frac{TCSCSCSS}{b, c, d, e, f, g, h, i}.$$

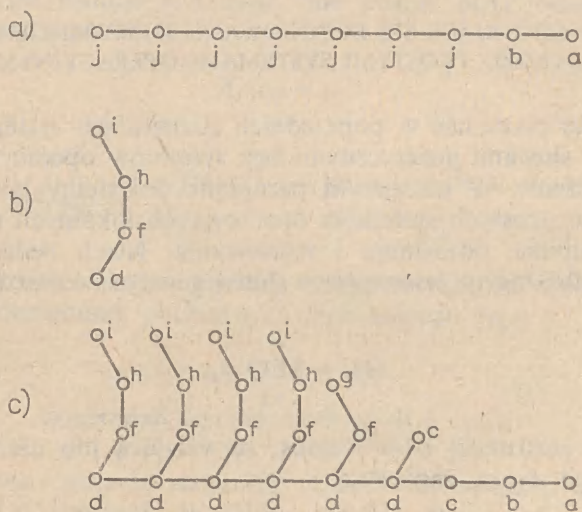
Jest to system o strukturze przedstawionej na rys. 3.13b, która od czwartego etapu pozostaje stałą i nie zmienia się. Niech będzie inny system ewolucyjny:

$$SE_2 = \frac{MG_2}{Z_2} = \frac{LTS}{a, b, j},$$

którego struktura na ósmym etapie rozwoju jest przedstawiona na rys. 3.13a.



Rys. 3.12. Struktury systemów: a) $SE_1 = \frac{[LT]}{a, b}$ na szóstym etapie rozwoju. b) Podsystem $X = \frac{BSS}{e, f, g}$ na wszystkich (z wyjątkiem pierwszego) etapach rozwoju. c) System zrekombinowany fragmentem X — $SE_3 = \frac{[LTCXT]}{a, b, c, e, f, g, d}$ na ósmym etapie rozwoju



Rys. 3.13. Struktury systemów: a) $SE_1 = \frac{LTS}{a, b, j}$ na ósmym etapie rozwoju. b) $SE_2 = \frac{TCSCSCSS}{h, c, d, e, f, g, h, i}$ na czwartym etapie rozwoju. c) System zrekombinowany z systemów SE_1 i SE_2 — $SE_3 = \frac{LTCSCSCSS}{a, b, c, d, e, f, g, h, i}$

Przetnijmy obecnie te dwa słowa genetyczne MG_1 i MG_2 w punkcie litery T .
Otrzymamy:

$$TCSCSCSS = \frac{T}{2} + \frac{T}{2} CSCSCSS$$

oraz

$$LTS = L \frac{T}{2} + \frac{T}{2} S.$$

Łącząc fragmenty $L \frac{T}{2}$ i $\frac{T}{2} CSCSCSS$ otrzymamy:

$$L \frac{T}{2} + \frac{T}{2} CSCSCSS = LTCSCSCSS.$$

To słowo genetyczne prowadzi do systemu rozwojowego

$$SE_3 = \frac{LTCSCSCSS}{a, b, c, d, e, f, g, h, i},$$

którego struktura na ósmym etapie rozwoju jest przedstawiona na rys. 3.13.c. Można zauważyć, że system ewolucyjny SE_3 zaczyna „produkować” wprowadzony do jego słowa genetycznego, fragment SE_2 .

4. SYSTEMY ROZWIJAJĄCE SIĘ DEFINIOWANE SŁOWAMI GENETYCZNYMI Z BARDZO PROSTYMI SYSTEMAMI OPERACYJNYMI

Rozpatrywane przez nas w poprzednich paragrafach systemy rozwijające się, definiowane słowami genetycznymi bez systemów operacyjnych, na ogół rosły nieograniczenie. W niniejszym paragrafie pokażemy jak dzięki wprowadzeniu bardzo prostych systemów operacyjnych lokalnych można uzyskać zjawisko przemijania, odrastania i rozsiewania. Niech będzie system rozwijający się zdefiniowany przez proste słowo genetyczne bez systemu operacyjnego:

$$MG = \text{SEQ}_{i=1}^m A_i. \quad (4.1)$$

Niech I_i będzie instrukcją kontrolującą, zezwalającą lub niezezwalającą na realizację operacji A_i , co zapiszemy:

$$I_i A_i. \quad (4.2)$$

Jeżeli podobnie oznaczymy w słowie MG warunki realizacji pozostałych operacji to otrzymamy:

$$MG = \text{SEQ}_{i=1}^m I_i A_i, \quad (4.3)$$

co oznaczać będzie słowo genetyczne z lokalnymi systemami operacyjnymi określonymi dla każdej operacji elementarnej występującej w tym słowie. Instrukcje kontrolujące I_i mogą być dwóch zasadniczych typów:

- instrukcje uzależniające wykonywanie operacji elementarnej A_i od wartości zmiennych „zewnętrznych” nie związanych bezpośrednio z danym elementem typu a_i czy z jego pochodnymi,
- instrukcje uzależniające wykonywanie operacji elementarnej A_i od wartości zmiennych „wewnętrznych” związanych z historią elementu a_i .

W tym rozdziale rozpatrzmy ten drugi typ instrukcji, ograniczając się początkowo do następujących dwóch przypadków:

- a. Uzależnienie wykonania danej operacji A_i od całkowitej liczby tych operacji wykonanych na danym elemencie a_i i jego pochodnych.
- b. Uzależnienie pozostawiania elementów w zbiorze od liczby etapów, które upłynęły od momentu jego wprowadzenia do zbioru.

UZALEŻNIENIE OD CAŁKOWITEJ LICZBY OPERACJI

Niech będzie dana operacja generacji:

$$A_i(a_i) = a_j D_i a_i \bar{D}_i, \quad (4.4)$$

gdzie $j > i$, wówczas zapis w słowie genetycznym kA_i oznacza, że łączna liczba operacji A_i na danym elemencie typu a_i i jego elementach pochodnych tego samego typu wynosi k i mają one postać (4.4). Natomiast kolejna $k+1$ operacja ma postać:

$$A_i(a_i) = a_j.$$

Jest więc:

$$kA_i(a_i) = \begin{cases} a_j D_i a_i \bar{D}_i, & \text{jeżeli } n_{a_i} \leq k \\ a_j, & \text{dla } n_{a_i} = k+1 \end{cases} \quad (4.5)$$

gdzie n_{a_i} — całkowita liczba operacji wykonanych na danym elemencie typu a_i i jego elementach pochodnych tego samego typu.

UZALEŻNIENIE OD CZASU PRZEBYWANIA W ZBIORZE

Niech będzie dana operacja stagnacji: $A_i(a_i) = a_i$, wówczas zapis w słowie genetycznym $(k)A_i$ oznacza, że liczba etapów, przez które dany element typu a_i może pozostawać w zbiorze, wynosi k , po czym ten element zostaje ze zbioru usunięty.

Jest więc:

$$(k)A_i(a_i) = \begin{cases} a_i, & \text{jeżeli } m_{a_i} \leq k \\ \text{usunięty ze zbioru dla } m_{a_i} = k+1 \end{cases} \quad (4.6)$$

gdzie m_{ai} — kolejny numer etapu licząc od momentu wprowadzenia elementu a_i do zbioru. W przypadku układów płaskich o sześciu operacjach elementarnych L, R, S, B, C, T , kL i kR oznacza, że operacje L i R mogą na danym elemencie jego pochodnych tego samego typu powtórzyć się „ k ” razy, po czym operacje przechodzą na prostą operację transformacji, natomiast $(k)S$ oznacza, że dany element ma zostać usunięty ze zbioru po „ k ” etapach od momentu wprowadzenia do zbioru. Oznaczenie kB, kC, kT , jak również $k(B), (k)C$ i $(k)T$ nie mają sensu, ponieważ mogą być wykonane na danym elemencie tylko raz.

PRZEMIJANIE

Rozpatrzmy obecnie system rozwijający się z operacyjnym systemem lokalnym opartym o dwa typy instrukcji:

- Instrukcję ograniczającą całkowitą liczbę operacji typu L i R zapisywaną w postaci kL względnie kR .
- Instrukcję ograniczającą czas przebywania w zbiorze elementów stagnacji do pewnej liczby etapów „ k ” zapisywaną w postaci: $(k)S$.

Niech będzie dany konkretny system:

$$SE = \frac{4 LC (15) S 3 L (10) S}{a, b, c, d, e} \quad (4.7)$$

Równanie (4.7) prowadzi do następujących relacji:

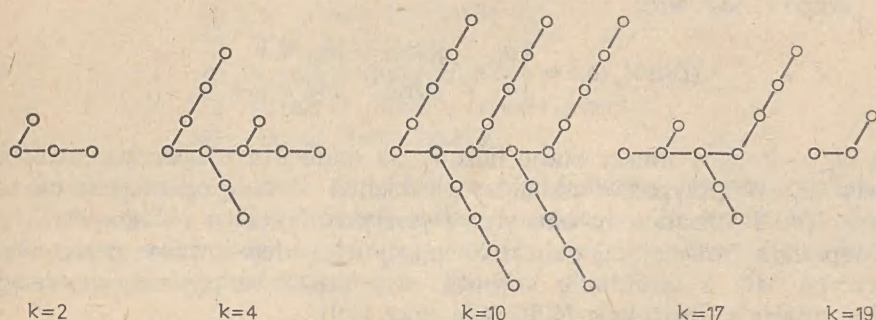
$$\begin{aligned} a &\rightarrow \begin{cases} ba, & \text{jeżeli } n_a \leq 4 \\ b, & \text{jeżeli } n_a = 5 \end{cases} & 4L \\ b &\rightarrow c(d) & C \\ c &\rightarrow \begin{cases} c, & \text{jeżeli } n_c < 15 \\ \text{usunięte} & \text{jeżeli } n_c = 16 \end{cases} & (15) S \\ d &\rightarrow \begin{cases} ed, & \text{jeżeli } n_d \leq 3 \\ e, & \text{jeżeli } n_d = 4 \end{cases} & 3 L \\ e &\rightarrow \begin{cases} e, & \text{jeżeli } n_e \leq 10 \\ \text{usunięte} & \text{jeżeli } n_e = 11 \end{cases} & (10) S \end{aligned} \quad (4.8)$$

gdzie n_a, n_c, n_d, n_e oznaczają całkowite liczby realizacji operacji elementarnych na elementach typu a, c, d, e od momentu ich powstania.

Na podstawie relacji (4.8) można określić struktury systemu rozwojowego (4.7). Np. dla etapów 2, 4, 12, 17, 19 otrzymamy:

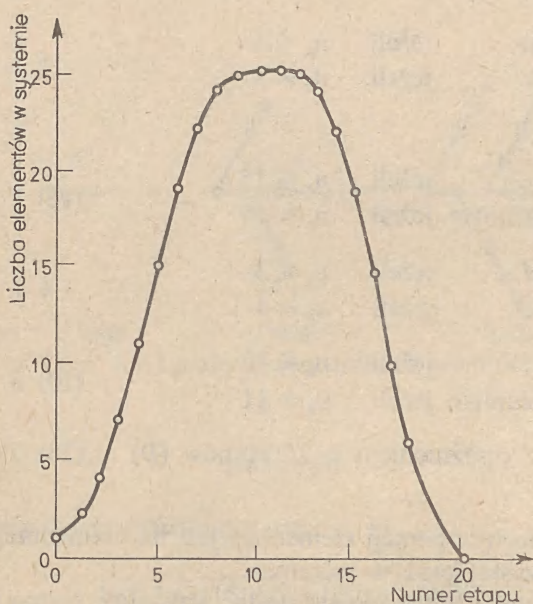
Etap	Struktura
0	a
2	$c(d) ba$
4	$c(eed) c(ed) c(d) ba$
10	$c(eeee) c(eeee) c(eeee) c(eeee) c(eeee)$
17	$cc(e) c(ee) c(eee)$
19	$cc(e)$

Postacie tych struktur są przedstawione na rys. 4.1. Widzimy, że system ewolucyjny z takimi lokalnymi systemami operacyjnymi można nazwać **systemem przemijającym**. Jego cechą charakterystyczną jest to, że liczba elementów tworzących system najpierw rośnie, później przez pewien okres czasu pozostaje stała, aby w końcu zmaleć do zera. Zbiór staje się pusty. System ginie.



Rys. 4.1. Wzrost i zanik systemu rozwijającego się $SE = 4 \text{ } LC(15) \text{ } S \text{ } 3 \text{ } L(10) \text{ } S$

Wzrost i zanik elementów systemu rozwijającego się (4.5) jest przedstawiony na rys. 4.2. Jest to zależność między liczbą elementów w systemie a numerem jego etapu rozwoju.



Rys. 4.2. Zależność liczby elementów systemu rozwijającego się (4.5) od liczby etapów

ODRASTANIE I ROZSIEWANIE

Rozpatrzmy obecnie system rozwijający się z systemem operacyjnym lokalnym, opartym na dwu omówionych poprzednio typach instrukcji i dodatkowo na trzeciej instrukcji, instrukcji opóźnienia, którą zdefiniujemy w następujący sposób. Niech będzie dana operacja transformacji: $A(a_i) = a_j$, wówczas zapis w słowie genetycznym $(Dk) A_i$ oznacza opóźnienie realizacji A_i o „ k ” etapów, jest więc:

$$(Dk) A_i(a_i) = \begin{cases} a_i, & \text{jeżeli } m_{ai} \leq k \\ a_j, & \text{jeżeli } m_{ai} = k + 1, \end{cases} \quad (4.9)$$

gdzie m_{ai} — kolejny numer etapu liczony od momentu rozpoczęcia realizacji operacji A_i . W przypadku układów płaskich o sześciu operacjach elementarnych $(Dk) T$ oznacza, że operacja T jest przesunięta o „ k ” etapów.

Rozpatrzmy obecnie system rozwijający się zdefiniowany przez słowo genetyczne MG o strukturze kołowej, wyposażone w systemy operacyjne lokalne oparte o instrukcje (4.5), (4.6) oraz (4.9):

$$SE = \frac{\overline{\sqcup B 4 LC (15) S 3 L (10) S (D25) T}}{\alpha, a, b, c, d, e, \beta} \quad (4.9)$$

Rozwój systemu (4.9) jest określony następującymi relacjami:

$$\begin{array}{lcl} \alpha \rightarrow \alpha\beta & & B \leftarrow \\ a \rightarrow \begin{cases} ba, & \text{jeżeli } n_a \leq 4 \\ b, & \text{jeżeli } n_a = 5 \end{cases} & & 5 L \\ b \rightarrow c(d) & & C \\ c \rightarrow \begin{cases} c, & \text{jeżeli } n_c \leq 15 \\ \text{usunięte} & \text{jeżeli } n_c = 16 \end{cases} & & (15) S \\ d \rightarrow \begin{cases} ed, & \text{jeżeli } n_d \leq 3 \\ e, & \text{jeżeli } n_d = 4 \end{cases} & & 4 L \\ e \rightarrow \begin{cases} e, & \text{jeżeli } n_e \leq 10 \\ \text{usunięte} & \text{jeżeli } n_e = 11 \end{cases} & & (10) S \\ \beta \rightarrow \alpha \text{ z opóźnieniem o 25 etapów } (D) & & (25) T \leftarrow \end{array}$$

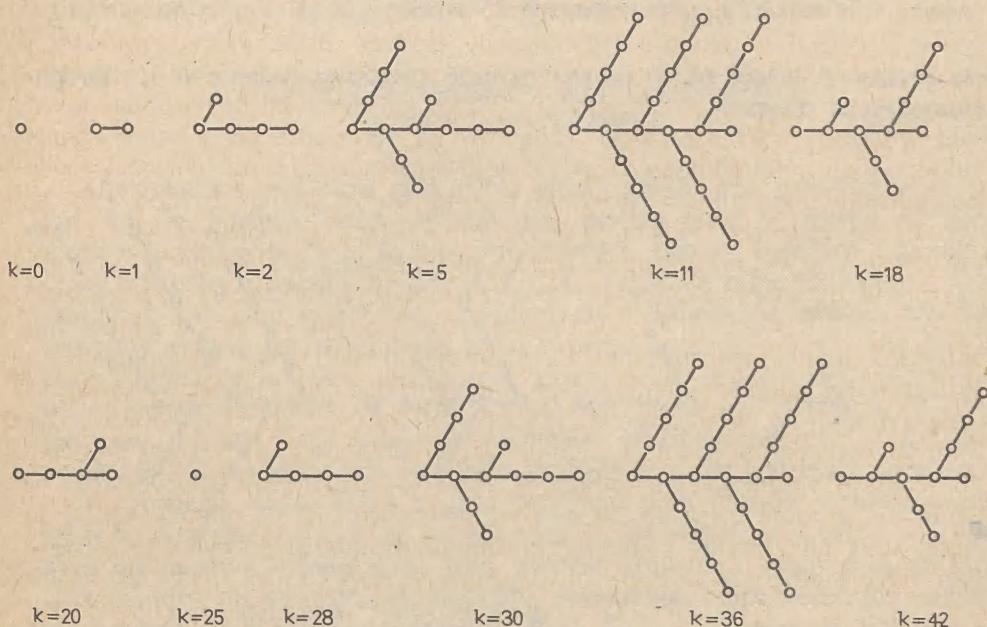
gdzie n_a, n_c, n_d, n_e liczby operacji elementarnych na elementach typu a, c, d, e od momentu ich wystąpienia w systemie.

Na podstawie relacji (4.10) można podać struktury systemu rozwijającego się (4.9), na kolejnych etapach jego rozwoju:

Etap	Struktura
0	α
3	$c(d)ba\alpha$
5	$e(eed)c(ed)c(d)ba\alpha$
11	$c(eeee)c(eeee)c(eeee)c(eeee)c(eeee)\alpha$
18	$cc(e)c(e)c(eee)\alpha$
20	$cc(e)\alpha$
26	α , proces powtarza się
28	$c(d)ba\alpha$
30	$c(eed)c(ed)c(d)ba\alpha$
36	$c(eeee)c(eeee)c(eeee)c(eeee)\alpha$
43	$cc(e)c(ee)c(eee)\alpha$

(4.11)

Widać, że rozwój systemu ma charakter **periodyczny**. Początkowo liczba elementów zbioru rośnie, później maleje i spada na 26 etapie do jednego elementu (ziarno nowego systemu), z którego system odtwarza się. Rozwój tego systemu jest przedstawiony na rys. 4.3.



Rys. 4.3. Odrastanie periodyczne systemu (4.11)

ROZSIEWANIE

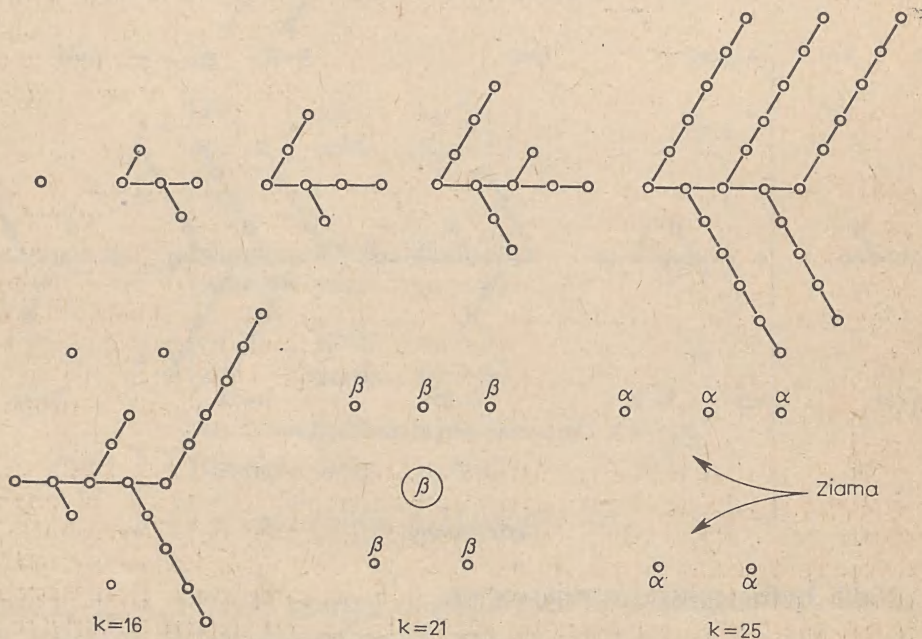
Niech będzie system rozwijający się:

$$SE = \frac{\boxed{\rightarrow 5 L C (15) S B 4 L (10) S (D25) T \leftarrow}}{a, b, c, \alpha, d, e}, \quad (4.12)$$

którego rozwój określony jest następującymi relacjami:

$$\begin{array}{llll}
 a \rightarrow \begin{cases} ba, & \text{jeżeli } n_a \leq 4 \\ b, & \text{jeżeli } n_a = 5 \end{cases} & (5) L \leftarrow & & \\
 b \rightarrow c (\alpha) & & C & \\
 c \rightarrow \begin{cases} c, & \text{jeżeli } n_c \leq 15 \\ \text{usunięte} & \text{jeżeli } n_c = 16 \end{cases} & (15) S & & \\
 \alpha \rightarrow d\beta & & C & (4.13) \\
 d \rightarrow \begin{cases} ed, & \text{jeżeli } n_d \leq 3 \\ e, & \text{jeżeli } n_d = 4 \end{cases} & (4) L & & \\
 e \rightarrow \begin{cases} e, & \text{jeżeli } n_e \leq 10 \\ \text{usunięte} & \text{jeżeli } n_e = 11 \end{cases} & (10) S & & \\
 \alpha \rightarrow a, \text{ z opóźnieniem o 25 etapów (D25)} & T- & &
 \end{array}$$

Na podstawie relacji (4.13) można określić struktury systemu (4.12) na poszczególnych etapach:



Rys. 4.4. Zjawisko siania w systemie (4.13)

Etap	Struktura	
0	a	
2	$c(\alpha)ba$	
3	$c(d\beta)c(\alpha)ba$	
4	$c(ed\beta)c(d\beta)c(\alpha)ba$	
12	$c(eeee\beta)c(eeee\beta)c(eeee\beta)c(eeee\beta)c(eeee\beta)$	(4.14)
16	$c(----\beta)c(e---\beta)c(ee--\beta)c(eee-\beta)c(eeee\beta)$	
21	$-(----\beta)-(----\beta)-(----\beta)-(----\beta)-(----\beta)$	
25	$-(----a)-(----a)-(----a)-(----a)-(----a)$	

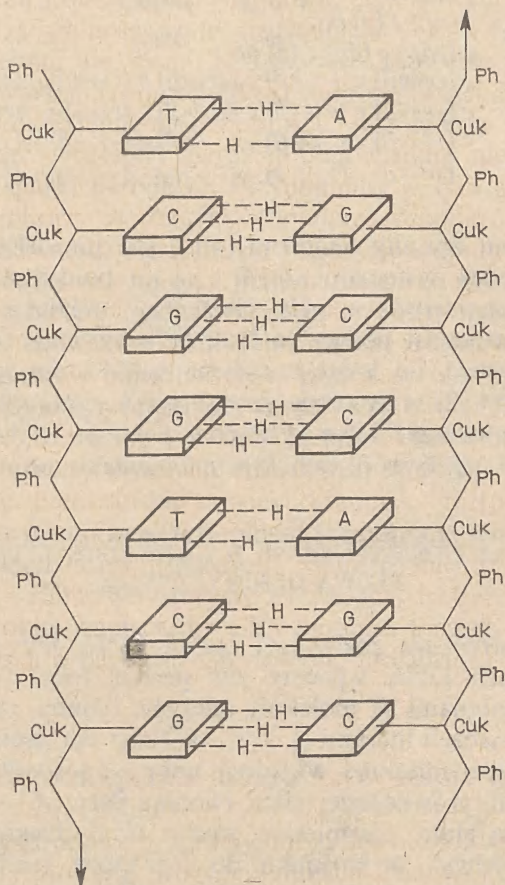
Ten rozwój systemu opisany relacjami (4.14) jest przedstawiony na rys. 4.3. Podobieństwo między systemami (4.10) i (4.12) polega na tym, że w obu systemach liczba zawartych w nich elementów najpierw rośnie a później maleje. Różnica natomiast polega na tym, że w systemie (4.10) zostaje tylko jeden element (korzeń), od którego system zaczyna się odtwarzać, podczas gdy w przypadku (4.12) w systemie zostaje kilka elementów (ziarna), z których zacznie się odtwarzać kilka systemów. Dlatego użyliśmy na określenie różnych zachowań się tych dwóch systemów nazw „odrastanie” i „sianie”.

5. DNA PRZEDSTAWIONE W KATEGORIACH POJĘĆ SŁOWA GENETYCZNEGO

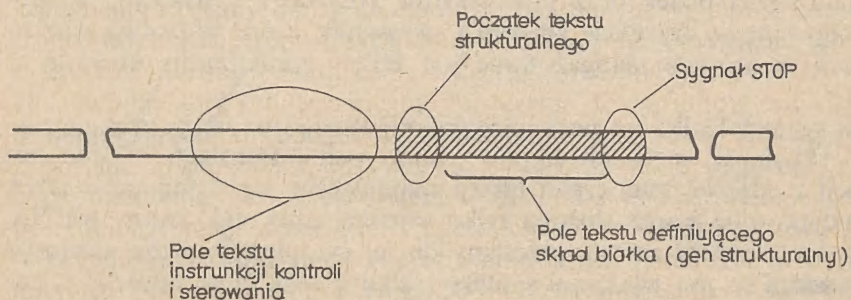
Uproszczona struktura podwójnej spirali DNA jest przedstawiona na rys. 5.1. W łańcuchach DNA wpisany jest pewien tekst w języku, którego elementarnymi symbolami są molekuly adeniny, tyminy, cytozyny i guaniny, które będziemy oznaczali literami A, T, C, G . Tekst ma zapis podwójny w tym sensie, że każdemu symbolowi w jednej nitce odpowiada zawsze ten sam symbol w drugiej antyrównoległej nitce, tworząc pary: $A - T, C - G, T - A, G - C$. Pary te są stałe, niezmiennie, przeto tekst drugiej nitki nie wnosi dodatkowych informacji w stosunku do tej, która jest zapisana w nitce pierwszej. Nitka druga odgrywa natomiast podstawową rolę w procesie **replikacji**, którym się w tym rozdziale szczegółowiej nie będziemy zajmowali.

W formacie tekstu DNA można wyróżnić pola tekstów strukturalnych (**geny strukturalne**), w których zakodowane są informacje o składzie potrzebnych organizmowi białek oraz pola tekstów kontroli i sterowania, w których zakodowane są instrukcje **kontroli i sterowania**, które nadzorują wszystkie procesy, w których zaangażowane jest DNA, symbolicznie ilustruje to rys. 5.2.

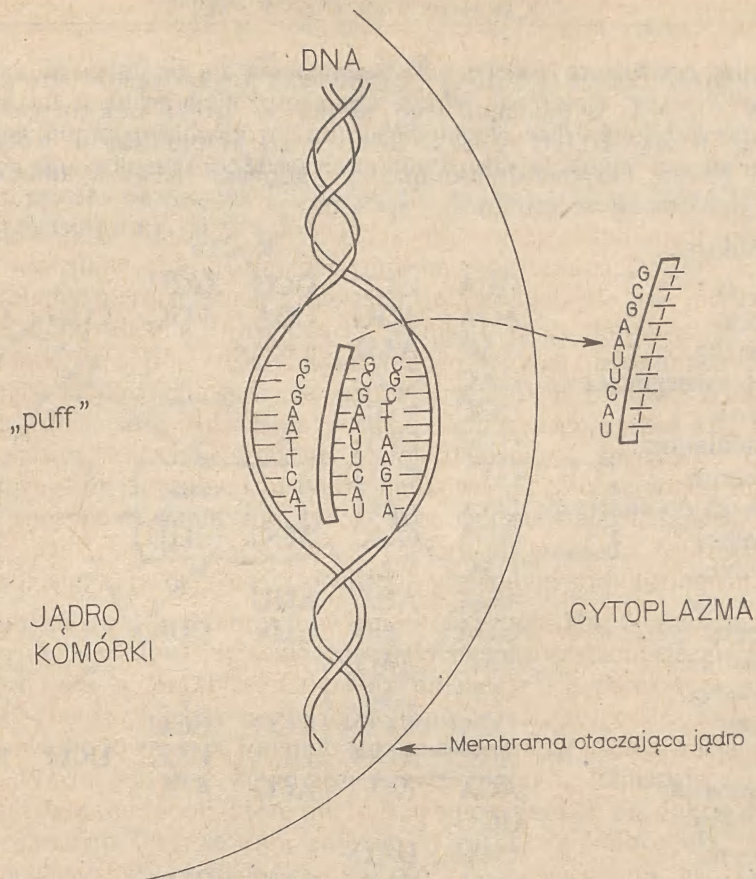
Proces syntezy białka na podstawie zakodowanego w DNA tekstu strukturalnego składa się z dwóch etapów transkrypcji i translacji. W procesie **transkrypcji** z odpowiedniej części tekstu znajdującego się w łańcuchu DNA zostaje sporządzona kopia złożona tylko z jednej nitki, tak zwany mRNA, który z jądra komórki zostaje przesłany do jej cytoplazmy, gdzie następuje proces **translacji** to jest właściwej syntezy białka o strukturze zawartej w zakodowanym tekście mRNA. Ilustrują to rys. 5.3 i 5.4.



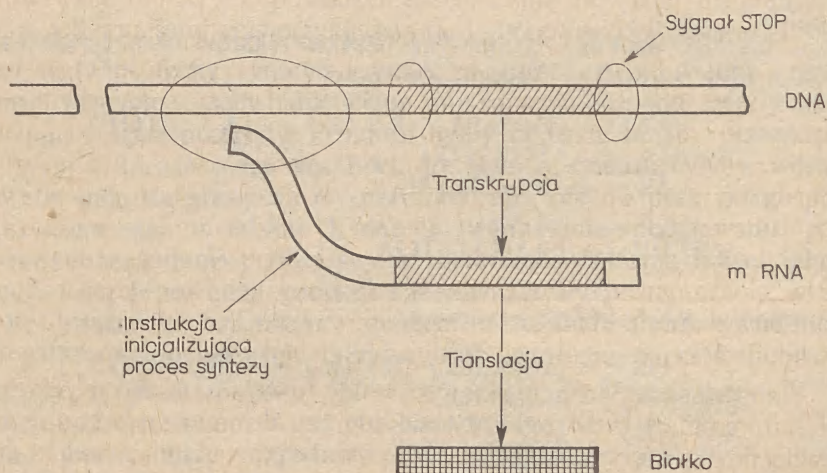
Rys. 5.1. Uproszczona struktura podwójnej spirali DNA



Rys. 5.2. Format tekstu DNA



Rys. 5.3. Ilustracja procesów transkrypcji i translacji. W miejscu, w którym występuje wybrzuszenie DNA (Puff) następuje proces transkrypcji tekstu DNA na tekst RNA, a ten, przesłany do cytoplazmy, staje się podstawą procesu translacji czyli syntezy białka



Rys. 5.4. Ilustracja kolejnych etapów procesów transkrypcji i translacji

Stosunkowo dobrze poznana jest gramatyka języka tekstów strukturalnych w DNA i RNA. Symbolami tego języka są trójki nukleotyczne zwane **kodonami**. Każdy kodon oznacza jeden z 20 aminokwasów wchodzących w skład białka. Odpowiedniość między kodonami RNA a aminokwasami można przedstawić w następujący sposób:

Aminokwas	Kodon					
Alanina	GCA	GCC	GCG	GCU		
Arginina	AGA	AGG	CGA	CGC	CGG	CGU
Aspargina	AAC	AAU				
Kwas asparginowa	GAC	GAU				
Cysteina	UGC	UGU				
Fenylalanina	UUC	UUU				
Glutamina	GAA	GAG				
Kwas glutaminowy	CAA	CAG				
Glicyna	GGA	GGC	GGG	GGU		
Histydyna	CAC	CAU				
Izoleucyna	AUA	AUC	AUU			
Leucyna	UUA	UUG	CUA	CUC	CUG	CUU
Lizyna	AAA	AAG				
Metionina	AUG					
Prolina	CCA	CCC	CCG	CCU		
Seryna	AGC	AUG	UCA	UCC	UCG	UCU
Treonina	ACA	ACC	ACG	ACU		
Tryptofan	UGG					
Tyrozyna	UAC	UAU				
Walina	GUA	GUC	GUG	GUU		
Stop	UAA	UAG	UGA			

Kody aminokwasów w DNA i w RNA są identyczne z tym, że tymineę (T) występującą w kodach DNA zastępuje uracyl (U) występujący w kodach RNA.

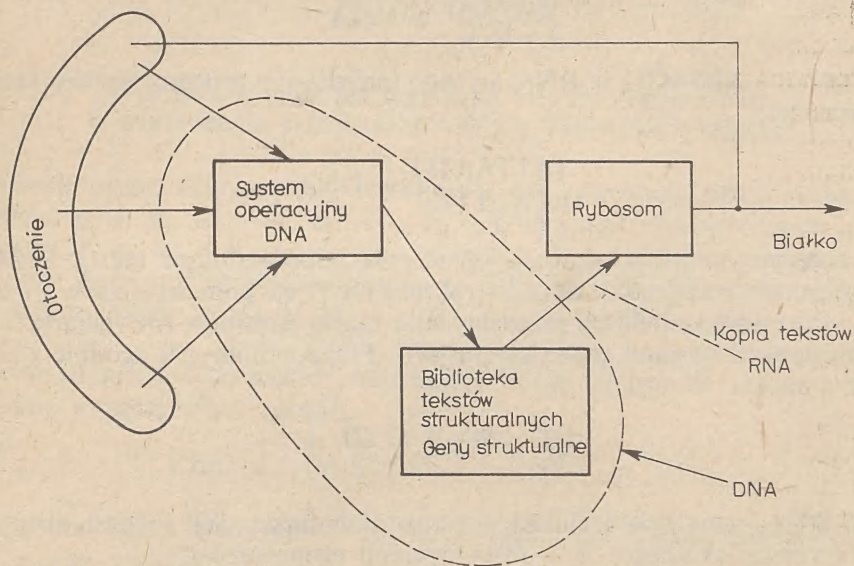
Stosując notację Backusa, gramatykę języka tekstów strukturalnych GS w DNA można zapisać w następujący sposób:

$$\begin{aligned}
 \langle GS \rangle &:= \langle \text{Początek} \rangle \langle K \rangle \langle K \rangle \dots \langle K \rangle \langle \text{STOP} \rangle \\
 \langle \text{Początek} \rangle &:= \text{ATG|GTG} \\
 \langle K \rangle &:= \langle N \rangle \langle N \rangle \langle N \rangle \\
 \langle N \rangle &:= \text{A|C|G|T} \\
 \langle \text{STOP} \rangle &:= \text{TAA|TAG|TGA}
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

Dla przypadku RNA będzie natomiast:

$$\begin{aligned}
 \langle GS \rangle &:= \langle \text{Początek} \rangle \langle K \rangle \langle K \rangle \dots \langle K \rangle \langle \text{STOP} \rangle \\
 \langle \text{Początek} \rangle &:= \text{AUG|GUG} \\
 \langle K \rangle &:= \langle N \rangle \langle N \rangle \langle N \rangle \\
 \langle N \rangle &:= \text{A|C|G|U} \\
 \langle \text{STOP} \rangle &:= \text{UAA|UAG|UGA}
 \end{aligned} \tag{5.2}$$

W DNA znajduje się, można powiedzieć, ogromna biblioteka napisanych w tym języku tekstów podających składy dla bardzo wielu typów białek potrzebnych organizmowi. Procesem sporządzania kopii tych tekstów i wysyłania ich do cytoplazmy kontroluje zbiór genów kontroli i sterowania tworzących **system operacyjny DNA**. Ilustracją tego mechanizmu może być schemat przedstawiony na rys. 5.5.

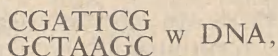


Rys. 5.5. Mechanizm sterowania przez System Operacyjny DNA wytwarzaniem dla potrzeb organizmu różnych rodzaj białek

Przedstawione tam przebiegi procesów można tak skomentować. System operacyjny DNA (geny kontroli i nadzoru) powodują, na skutek sygnałów ze swego otoczenia, zainicjalizowanie procesu transkrypcji odpowiedniego tekstu genu strukturalnego, przepisania tego tekstu w RNA i przesłanie go przez pory w błonie jądra komórki do jego cytoplazmy. W cytoplazmie tekst RNA staje się podstawą procesu translacji, czyli syntezy białka według receptury zawartej w tekście RNA. Wyprodukowane białko zostaje wykorzystane przez komórkę stwarzając nową sytuację ustawicznie kontrolowaną i nadzorowaną przez geny kontroli i sterowania DNA.

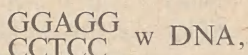
O ile gramatyka i syntaktyka języka, w którym zapisane są teksty podające składy wielu różnych typów białek potrzebnych organizmowi, są rozpoznane, o tyle gramatyka i syntaktyka języka, w którym zakodowane są instrukcje nadzoru i kontroli nad procesem wykorzystywania tekstów w DNA, są wciąż jeszcze mało rozpoznane. Nie możemy obecnie podać formatu słów i zdań tego języka, a nawet wszystkich symboli terminalnych, aczkol-

wiek nieliczne sekwencje są już rozpoznane. Na przykład wiadomo, że sekwencja:

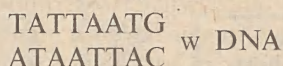


występująca przed genem strukturalnym oznacza jego uczulenie na temperaturę.

Sekwencja:



a następnie — GGAGG w RNA awizuje inicjalizację procesu syntezy białka, a sekwencja:



pełni rolę promotora w procesie odłączenia odpowiedniego tekstu RNA.

Próbujmy teraz jeszcze opisać strukturę DNA za pomocą opisów formalnych, które wprowadziliśmy przedstawiając teorię systemów rozwijających się, zdefiniowanych słowami genetycznymi MG . Przypomnijmy, że zgodnie z (2.5):

$$MG = SO_g \text{SEQ}_{i=1}^m SO_i A_i, \quad (5.3)$$

gdzie: SO_g — tekst operacyjnego systemu globalnego, SO_i — tekst operacyjnego systemu lokalnego, A_i — tekst operacji elementarnej.

Zauważmy, że ten format słowa genetycznego pokrywa się ściśle z formatem DNA:

— teksty systemu operacyjnego globalnego i lokalnego odpowiadają polom tekstu nadzoru i kontroli DNA,

— tekst operacji elementarnej odpowiada tekstowi genu strukturalnego.

Język słów genetycznych może więc być wykorzystany jako **metajęzyk** języka DNA, w którym symbole A_i oznaczają geny strukturalne a symbole SO_g i SO_i teksty zapisane w polach kontroli i nadzoru DNA. W paragrafie 3 wykazaliśmy możliwość analitycznej analizy pewnych własności (hierarchia, mutacja, regeneracja, rekombinowanie i klonowanie) niektórych bardzo prostych organizmów definiowanych bardzo prostymi słowami genetycznymi bez systemów operacyjnych zgodnie z (1.3). Przyjmowaliśmy wtedy:

$$MG = \text{SEQ}_{i=1}^m A_i. \quad (5.4)$$

W paragrafie 4 wykazaliśmy, że wprowadzenie do analizy słowa genetycznego o bardziej skomplikowanym formacie zgodnie z (4.3) daje:

$$MG = \text{SEQ}_{i=1}^m SO_i A_i \quad (5.5)$$

i doprowadza nas do systemów rozwijających się, posiadających własności przemijania oraz pozwala uzyskać w systemach rozwijających się odpowiedniki zjawisk odrastania i siania. Przypadek (5.4) odpowiadałby bardzo prostym DNA ograniczonym do jednego względnie kilku genów strukturalnych, przypadek (5.5) — nieco bardziej rozwiniętym, ale również bardzo prostym DNA. Być może rozszerzając stopień skomplikowania zapisu MG da się objąć możliwościami analizy opartej na koncepcji MG , również bardziej skomplikowane organizmy o bardziej skomplikowanym zapisie DNA.

6. OCENA SZYBKOŚCI WZROSTU LICZBY ELEMENTÓW W SYSTEMACH ROZWIJAJĄCYCH SIĘ. FUNKCJA WZROSTU

Niech będzie dany system rozwijający się, określony przez m operacji elementarnych $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m$ wykonywanych na m różnych typach elementów: $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m$ zaczynając od warunku początkowego, za który będziemy przyjmowali system z jednym tylko elementem typu a_1 . Oznaczmy przez $a_1(k), a_2(k), \dots, a_i(k), \dots, a_m(k)$ liczby elementów typu $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m$, które będzie zawierał system na k -tym etapie swego rozwoju, a przez $Y(k)$ wektor określający liczbę elementów systemu, zdefiniowany w następujący sposób:

$$Y(k) = [a_1(k), a_2(k), \dots, a_i(k), \dots, a_m(k)]. \quad (6.1)$$

Ogólna **liczba elementów** wszystkich typów na k -tym etapie rozwoju będzie więc wynosić:

$$V(k) = \sum_{i=1}^m a_i(k) \quad (6.2)$$

lub inaczej to zapisując:

$$V(k) = Y(k) \cdot \eta^T, \quad (6.3)$$

gdzie:

$$\eta = \underbrace{[1, 1, \dots, 1, \dots, 1]}_m.$$

Funkcję $V(k)$ określoną relacją (6.2) lub (6.3) będziemy nazywali **funkcją wzrostu** systemu. Jak to wynika z (6.3) problem znalezienia funkcji wzrostu $V(k)$ sprowadza się do znalezienia metody obliczenia wektora (6.1). Zadaniu temu było poświęconych bardzo wiele prac, nieraz na bardzo wysokim poziomie matematycznym. Praktycznie problem sprowadza się do analizy **macierzy** rozpatrywanego systemu. Niech np. będzie dany następujący system rozwijający się:

$$SE = \frac{A_1 A_2 A_3 A_4}{a_1, a_2, a_3, a_4},$$

gdzie:

$$\begin{aligned} A_1(a_1) &= a_2 a_1, \\ A_2(a_2) &= a_3 a_4, \\ A_3(a_3) &= a_3, \\ A_4(a_4) &= a_4. \end{aligned} \quad (6.4)$$

Macierz M -tego systemu (6.3) będzie mieć na podstawie relacji (6.4) następującą postać:

$$M = \begin{array}{c|cccc} & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ \hline a_1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ a_2 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ a_3 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ a_4 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \quad (6.5)$$

lub w uproszczeniu:

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6.6)$$

Jeżeli znamy wektor (6.1) elementów systemu dla k -tego etapu, to na podstawie znajomości macierzy systemu M , możemy obliczyć wektor zasobów systemu dla $k+1$ -ego etapu z relacji:

$$Y(k+1) = Y(k) \cdot M, \quad (6.7)$$

a stąd:

$$\begin{aligned} Y(1) &= Y(0) \cdot M \\ Y(2) &= Y(1) \cdot M = Y(0) \cdot M^2 \\ Y(k) &= Y(k-1) M^{k-1} = Y(0) M^k, \end{aligned} \quad (6.8)$$

gdzie $Y(0)$ — wektor określający liczbę początkową elementów systemu, o którym będziemy zwykle zakładali, że jest równy:

$$Y(0) = [1, 0, 0, \dots, 0, \dots, 0], \quad (6.9)$$

a więc, że system zawiera jeden element typu a_1 .

Na podstawie (6.3) i (6.8) mamy ogólnie:

$$V(k) = Y(0)M^k \cdot \eta^T. \quad (6.10)$$

Na przykład dla systemu (6.4) reprezentowanego macierzą (6.6) będzie:

$$V(k) = [1 \ 0 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^k \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6.11)$$

Na podstawie (6.11) znajdujemy kolejno:

$$\begin{aligned} V(0) &= 1 \\ V(1) &= 2 \\ V(2) &= 4 \\ V(3) &= 6 \\ V(k) &= 2k. \end{aligned} \quad (6.12)$$

Funkcja wzrostu systemu (6.4) jest więc funkcją rosnącą **liniowo**. Niech będzie teraz dany system rozwijający się o słowie genetycznym o strukturze kołowej:

$$SE = \frac{\boxed{\rightarrow A_1 A_2 A_3 \rightarrow}}{a_1, a_2, a_3}, \quad (6.13)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} A_1(a_1) &= a_2 a_1, \\ A_2(a_2) &= a_3(a_2), \\ A_3(a_3) &= a_1 a_3. \end{aligned} \quad (6.14)$$

Macierz tego systemu będzie więc w postaci:

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6.15)$$

a stąd:

$$V(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}^k \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6.16)$$

Na podstawie (6.16) znajdujemy kolejno:

$$\begin{aligned} V(0) &= 1 \\ V(1) &= 2 \\ V(2) &= 4 \\ V(k) &= 2^k \end{aligned} \quad (6.17)$$

Funkcja wzrostu systemu (6.13) jest więc funkcją rosnącą **wykładniczo**. Ogólnie można powiedzieć, że funkcje wzrostu systemów rozwijających się o słowach genetycznych o strukturze **liniowej** mają postać **wielomianową**. Natomiast liczba elementów systemów rozwijających się o słowach genetycznych o strukturze **kołowej** może rosnąć szybciej jak liniowa i w takich przypadkach funkcja wzrostu $V(k)$ może być nawet **funkcją wykładniczą**. W spisie bibliograficznym podajemy te pozycje literatury, gdzie można znaleźć obszerniejsze opracowania z tego zakresu i inne, niż macierzowe, metody obliczeń, jak np. zastosowanie rachunku operatorowego lub wykorzystanie pewnych ogólnych własności macierzy.

LITERATURA

I. PROBLEMY OGÓLNE

- Herman G. T., Rozenberg G. — *Developmental systems and languages*. North-Holland, Amsterdam, 1975.
- Lindenmayer A., Rozenberg G. — *Automata. Languages. Development. At the crossroads of biology, mathematics and computer sciences*. North-Holland, Amsterdam, 1979.
- Vidal P., Węgrzyn S., Gille J. C. — *Sur la notion de système évolutif*. Bull. Pol. Acad. Sci. (Techn. Sci.) 26: 387-389, 1978.
- Węgrzyn S., Vidal P., Gille J. C. — *Système évolutif défini par des opérations ponctuelles sur ses composantes*. Bull. Pol. Acad. Sci. (Techn. Sci.) 29: 317-324, 1981.
- Węgrzyn S., Gille J. C., Vidal P. — *On some models for developmental systems. Part I: Organism structure on the basis of elementary transformations*. Int. J. Systems Sci. 13: 359-378, 1982.
- Węgrzyn S., Gille J. C., Vidal P. — *Systèmes évolutifs: Opérations ponctuelles et applications biologiques, et techniques*. Rev. Franc. Autom. Inform. Rech. Opérat. (Autom.) 16: 147-173, 1982.

II. WŁASNOŚCI STRUKTURALNE

1. Hierarchia „Organy”, „tkanki”

- Gille J. C., Węgrzyn S., Vidal P. — *Motifs et structures dans les systèmes évolutifs*. Podst. Sterowania 14: 287-300, 1984.
- Węgrzyn S., Vidal P., Gille J. C. — *Sur la relation entre le système évolutif $E = XS$ et la système bouclé associé $F = XT$* . Podst. Sterowania 14: 279-286, 1984.
- Vidal P., Węgrzyn S., Gille J. C. — *On some models for developmental systems. Part. VI: Patterns in developmental systems*. Int. J. Systems Sci. 17: 559-567, 1986.
- Węgrzyn S., Gille J. C., Vidal P. — *On some models for developmental systems. Part. VII: On some types of patterns included in a feedback loop*. Int. J. Systems Sci. 17: 569-579, 1986.
- Vidal P., Gille J. C., Węgrzyn S. — *Structure hiérarchique et principe de décomposition des systèmes évolutifs*. Bull. Pol. Acad. Sci. (Techn. Sci.) 34: 111-119, 1986.

2. Rekombinowanie i klonowanie. Mutacja. Regeneracja

- Węgrzyn S., Gille J. C., Vidal P. — *Clonage et principe de la récapitulation dans la théorie des systèmes évolutifs*. Bull. Pol. Acad. Sci. (Techn. Sci.) 34: 103-109, 1986.
- Węgrzyn S., Vidal P., Gille J. C. — *Mutations et théorie des systèmes évolutifs*. Bull. Pol. Acad. Sci. (Techn. Sci.) 34: 121-124, 1986.
- Gille J. C., Węgrzyn S., Vidal P. — *Le principe de la régénération dans la théorie des systèmes évolutifs. Extrapolations biologiques*. Bull. Pol. Acad. Sci. (Techn. Sci.) 34: 91-101, 1986.

3. Własności strukturalne ogólne

- Węgrzyn S., Vidal P., Gille J. C. — *Quelques propriétés structurales des systèmes évolutifs et des organismes vivants*. Podst. Sterowania 15: 239-260, 1985.
- Gille J. C., Vidal P., Węgrzyn S. — *On some models for developmental systems. Part VIII: Systems with and without feedback. Structural properties*. Int. J. Systems Sci. 18 (w druku).
- Węgrzyn S., Gille J. C., Vidal P. — *A model for developmental systems*. 10th IFAC World Conference, Monachium, 1987.

III. SYSTEMY EWOLUCYJNE MAJĄCE SYSTEM OPERACYJNY

- Vidal P., Gille J. C., Węgrzyn S. — *Mot génétique de système évolutif et programme d'ADN*. Bull. Pol. Acad. Sci. (Techn. Sci.) 35: 61-70, 1987.
- Vidal P., Węgrzyn S., Gille J. C. — *Accroissement et dépérissement des systèmes évolutifs à mot génétique linéaire*. Bull. Pol. Acad. Sci. (Techn. Sci.) 36: (w druku).
- Gille J. C., Węgrzyn S., Vidal P. — *Les phénomènes de repousse et de semailles dans les systèmes évolutifs de mot génétique circulaire*. Bull. Pol. Acad. Sci. (Techn. Sci.) 36 (w druku).
- Gille J. C., Węgrzyn S., Vidal P. — *On some models for developmental systems. Part IX: Generalized generating word and genetic code*. Int. J. Systems Sci. 19 (w druku).

IV. ILOŚCIOWA OCENA WZROSTU

- Szillard A. L. — *Growth functions of Lindenmayer systems*. Dept. Computer Sci., University of Waterloo, London (Ontario), 1971.
- Salomaa A., Soittola M. — *Automata-theoretic aspects of formal power series*. Springer, New York, 1978.
- Rozenberg G., Salomaa A. — *The mathematical theory of L systems*. Acad. Press, New York, 1980.
- Węgrzyn S., Vidal P., Gille J. C. — *Graphs et matrices des systèmes évolutifs*. Podst. Sterowania 11: 325-336, 1981.
- Gille J. C., Vidal P., Węgrzyn S., Ouellet Y. — *On some models for developmental systems. Part III: Evolution of the cellular composition*. Int. J. Systems Sci. 13: 379-397, 1982.
- Gille J. C., Vidal P., Węgrzyn S., Ouellet Y. — *Calcul de la composition cellulaire et fonction de croissance d'un système évolutif*. Rev. Franç. Autom. Inform. Rech. Opérat. (Autom.) 17: 87-98, 1983.
- Vidal P., Węgrzyn S., Gille J. C. — *On some models for developmental systems. Part III: Another approach for evolving the cellular composition*. Int. J. Systems Sci. 14: 753-763, 1983.
- Węgrzyn S., Gille J. C., Vidal P. — *Sur les propriétés des systèmes évolutifs engendrés par un mot créateur bouclé*. Rev. Franç. Autom. Inform. Rech. Opérat. (Autom.) 18: 79-94, 1984.
- Gille J. C., Węgrzyn S., Vidal P. — *Grammaire des mots créateurs et propriétés des systèmes évolutifs correspondants étudiés par la transformation de Carson discrète*. Zentralblatt Math. 538: 350, 1985.
- Węgrzyn S., Gille J. C., Vidal P. — *On some models for developmental systems. Part IV:*

Cellular composition of certain systems with feedback. Numerical and matrix approach. Int. J. Systems Sci. 16: 1045-1060, 1985.

Vidal P., Gille J. C., Węgrzyn S. — *On some models for developmental systems. Part. V: Cellular compositions of certain systems with feedback. Transform approach.* Int. J. Systems Sci. 16: 1061-1072, 1985.

V. GENETYKA

Allais C. (red.) — *La recherche sur la génétique et l'hérédité.* Seuil, Paryż, 1985.

Boczkowski K. (red.) — *Zarys genetyki medycznej. Podręcznik dla studentów medycyny.* PZWL, Warszawa, 1985.

Dubin N. P. — *Obszczaja gienetika.* Wyd. 3, Nauka, Moskwa, 1986.

Gajewski W., Węgleński P. — *Inżynieria genetyczna.* Wyd. 3, PWN, Warszawa, 1986.

Giermiez S. M. — *Gienetika.* Wyd. 2, Naukowa Dumka, Kijów, 1983.

Lewin B. — *Genes.* Wiley, New York, 1983.

Ostrowski W. S. — *Biotechnologie i ich znaczenie dla rozwoju nowoczesnej gospodarki.* PAN, Warszawa, 1986.

Suzuki D. T., Griffiths A. J. F., Lewontin R. C. — *An introduction to genetic analysis.* Wyd. 2, Freeman, San Francisco, 1981.

Watson J. D. — *The molecular biology of the gene.* W. A. Benjamin, New York, 1970.

29 lipca 1987

ROMUAŁD OLACZEK

Uniwersytet Łódzki

CZY SĄ W POLSCE REZERWATY BIOSFERY?

ZASZCZYTNE MIANO

Omawiając „Plan działania UNESCO w sprawie rezerwatów biosfery” (Kosmos, 1986, nr 4) przedstawiłem koncepcję, funkcje i zadania tej formy ochrony przyrody oraz wyraziłem pogląd, że polskie rezerваты biosfery nie w pełni spełniają przypisane im funkcje. Obecnie ten pogląd rozwijam i uzasadniam. Prowokacyjny sens pytania, postawionego w tytule, ma swoją przyczynę. Wiadomo, że cztery obiekty z Polski zostały zgłoszone do Międzynarodowej Rady Koordynacyjnej programu MaB („Człowiek i biosfera”), działającej przy UNESCO; zgłoszenia zostały przyjęte i na światową listę rezerwatów biosfery wpisano parki narodowe: Białowiecki, Babiogórski i Słowiński oraz rezerwat przyrody Jezioro Łuknajno. Jednakże, poza dokonaniem wpisu, nic się nie zmieniło na tych czterech, od dawna już chronionych obszarach. Uznanie ich za rezerваты biosfery było raczej formalnym aktem nobilitacji, nowym szyldem na istniejących już obiektach; zapewne podziałało pobudzająco na aktywność dyrekcji i personelu, ale nadal funkcjonują one jedynie jako parki narodowe, a nie jako rzeczywiste rezerваты biosfery. Odnosi się wrażenie, że albo nie zrozumiano u nas idei rezerwatów biosfery, albo zadowolono się pozornym sukcesem w międzynarodowych porównaniach, albo też — co najbardziej prawdopodobne — liczono na to, że po nazwaniu rezerwatami biosfery dotychczasowych parków narodowych samo życie nada im właściwy sens i wypełni treścią. Minęło jednak 10 lat od uznania tych czterech obszarów za rezerваты biosfery i nic się w ich sytuacji nie zmieniło. Są tym samym czym były przed uzyskaniem zaszczytnego miana.

W pierwszej kolejności zanalizujemy więc funkcje rezerwatów biosfery, a następnie spróbujemy poszukać odpowiedzi na pytanie — dlaczego polskie rezerваты biosfery nie spełniają swoich zadań.

FUNKCJE REZERWATÓW BIOSFERY

Istotę rezerwatów biosfery, to, co je wyróżnia spośród innych obszarów chronionych, wyraża postulat, iż mają to być „modele harmonijnego związku ochrony przyrody z rozwojem gospodarczym”, czyli mają być „przykładami zastosowania Światowej Strategii Ochrony Przyrody do urzeczywistniania trwałego rozwoju”. Cele rezerwatów biosfery są osiąmane przez spełnienie ich czterech podstawowych funkcji: 1) konserwatorskiej w systemie „otwartym”,

2) naukowej, 3) edukacyjnej i 4) kooperacyjnej. Szerzej te funkcje zostały omówione we wspomnianym artykule w „Kosmosie”. Tutaj pragnę zwrócić uwagę na niepodzielność owych funkcji. Rezerwat biosfery musi spełniać je wszystkie cztery. Żadna z nich nie będzie dobrze spełniana bez pozostałych, a celu swojego rezerwat nie osiągnie przy braku jakiejkolwiek z tych funkcji. Oznacza to, że rezerwat biosfery upodabnia się raczej do czynnej instytucji naukowo-doświadczalno-wychowawczej w zakresie szeroko rozumianej ochrony przyrody. Nie może to być jedynie obszar chroniony i udostępniony do zwiedzania lub do prowadzenia na nim dowolnych badań przyrodniczych. Program rezerwatu biosfery jest inny, szerszy niż parku narodowego lub rezerwatu przyrody, dlatego musi on być wyposażony w odpowiednio mocniejsze środki działania: finansowe, techniczne i personalne. Jeżeli brak tych środków — nie może być rezerwatu biosfery. Sama substancja przyrodnicza nie wystarczy.

Otwarty system konserwatorskiej ochrony zasobów genowych, gatunków i ekosystemów oraz ich środowisk oznacza rozwinięcie dotychczasowych systemów ochrony przez: 1) wyjście z czynną ochroną także poza granice układów naturalnych na układy antropogeniczne; 2) objęcie ochroną nie tylko zjawisk rzadkich lub ginących; 3) szukanie ratunku dla gatunków lub ekosystemów nie jedynie przez wyłączenie ich z użytkowania, lecz także przez związanie ich z życiem i gospodarczą działalnością lokalnych społeczności. Naczelne zadanie konserwatorskie: zachować możliwie jak najwięcej naturalnych środowisk z ich ekosystemami i gatunkami — pozostaje niezmiennione. Ale — obserwując procesy demograficzne i gospodarcze zachodzące w świecie, tempo przyrostu ludności i intensyfikację gospodarki — musimy zdawać sobie sprawę z tego, że tych naturalnych środowisk już jest mało, a będzie jeszcze mniej; że nawet uwieńczona sukcesem taka ochrona uratuje jedynie część biologicznej różnorodności organizmów. Obszary zaludnione i zagospodarowane też muszą być obejmowane zainteresowaniem ochrony przyrody. Przez dobór odpowiednich metod użytkowania ziemi, metod gospodarowania na polach, łąkach, w lasach i wodach, trzeba zwiększyć szansę przeżycia gatunków w częściowo lub całkowicie zmienionym kontekście ekologicznym. Pomoc w znalezieniu tych metod, a przynajmniej przekonanie ludzi, że takie metody mogą być znalezione i z pożytkiem zastosowane — to właśnie funkcja rezerwatów biosfery.

Takie otwarte i czynne podejście do ochrony nie jest, oczywiście, wynalazkiem ostatnich lat. Było już stosowane dawniej w przypadku niektórych grup organizmów i przyniosło dobre rezultaty w ochronie ptaków i zwierząt łownych, w restytucji żubra i bobra w Polsce, a poza granicami naszego kraju: w odtwarzaniu ekosystemów torfowiskowych i innych w Anglii, restytucji antylopy suhaka i konia Przewalskiego w Związku Radzieckim oraz oryksa w Arabii Saudyjskiej i USA.

Chodzi więc o to, by poszukiwaniom nowych metod ochrony, powiązanej z rozwojem gospodarczym, nadać charakter planowej i celowej działalności naukowej, opartej na nowej wiedzy ekologicznej, socjologicznej i nowych technologiach oraz popartej doświadczeniem. Rezerваты biosfery powinny być miejscem organizowania i prowadzenia takich doświadczeń przez długi czas.

Powinny służyć dobrym przykładem wdrażania ich do praktyki. Jednocześnie powinny być miejscem przechowywania żywej tradycji dawnych systemów użytkowania ziemi, wód i lasów, o ile mają one zdrowy sens ekologiczny. Nie chodzi tu o tworzenie ostoje dla konserwatyzmu, np. w rolnictwie, leśnictwie, gospodarce rybnej itp., ani o zakładanie nowych skansenów. Chodzi raczej o alternatywne, nie niszczące metody gospodarowania w przyrodzie, korzystające z doświadczeń wielu generacji rolników, leśników, rybaków itd., doświadczeń zdobywanych metodą prób i błędów i weryfikowanych przez praktykę bez taryfy ulgowej. Wszelkie odmiany rolnictwa ekologicznego, metody produkcji „zdrowej żywności”, nawoływania do naturalizacji gospodarki leśnej (dostosowania drzewostanów do siedliska, korzystania z rodzimych gatunków i ekotypów) świadczą o tym, że istnieje społeczne zainteresowanie i potrzeba zarówno alternatywnych technologii użytkowania żywych zasobów przyrody, jak i korzystania z tradycyjnej wiedzy i umiejętności.

Wprawdzie badania naukowe prowadzone są we wszystkich parkach narodowych i rezerwach przyrody, ale zwykle mają one na celu poznanie ogólnych procesów i zjawisk przyrodniczych lub racjonalną ochronę i wykorzystanie samego obszaru chronionego. Rezerваты biosfery zaś są miejscem prowadzenia multidyscyplinarnych badań — przyrodniczych i społecznych — mających na celu nie tylko ochronę, lecz i trwałe użytkowanie ekosystemów i ich środowisk na rozległych obszarach tych regionów biogeograficznych, których rezerваты biosfery są reprezentantami. Jednocześnie są one dobrym miejscem do organizacji sieci monitoringu, obejmującej wielkie obszary Ziemi, zarówno monitoringu atmosfery, pedosfery jak i bioty. Ta funkcja wymaga odpowiedniego technicznego przygotowania rezerwatu biosfery, a przede wszystkim odpowiedniego programu naukowego, w którego wykonanie włączą się liczne placówki naukowe.

Biegący od roku 1970 program „Man and biosphere” miał korzystać z rezerwatów biosfery jako sieci poligonów badawczych, obejmujących wszystkie prowincje biogeograficzne Ziemi i różne typy ekosystemów. Na lata dziewięćdziesiąte Międzynarodowa Unia Nauk Biologicznych proponuje nowy ogólnoświatowy, wielodyscyplinarny program „International Programme for the Study of Global Change”. To zamierzenie, w jeszcze większym stopniu niż MaB, opierać się musi na badaniach monitoringowych, a zatem i na sieci rezerwatów biosfery, która „tworzy warunki do studiów porównawczych nad podobnymi problemami w różnych miejscach Ziemi”.

Funkcja wychowawczo-szkoleniowa wymaga od rezerwatów biosfery, aby były one czynnymi ośrodkami edukacji, a nie jedynie miejscem odbywania wycieczek lub ćwiczeń dla studentów. Powinny więc mieć własne programy oświatowe i szkoleniowe, adresowane do różnych grup zawodowych, nie wyłączając pracowników nauki i organizatorów gospodarki. Szczególną cechą koncepcji rezerwatów biosfery jest przypisanie im funkcji kooperacyjnej. Jest to bodaj najtrudniejszy problem. Chodzi o to, że rezerwat biosfery powinien nawiązywać, organizować i prowadzić szeroką współpracę, głęboko osadzoną w lokalnych i regionalnych problemach, z miejscową ludnością, władzami, przedsiębiorstwami, i organizacjami społecznymi. Ludność, władze,

przedsiębiorstwa i organizacje powinny być włączone w program rezerwatu biosfery i uczestniczyć w jego urzeczywistnianiu, zarząd zaś rezerwatu powinien włączyć się w rozwiązywanie problemów gospodarczych, demograficznych, kulturalnych i in. ludności mieszkającej w rezerwacie lub w jego sąsiedztwie. Ta kooperacja dlatego jest sprawą tak trudną, ponieważ nie zakłada bezwzględnego podporządkowania interesów miejscowej ludności programowi rezerwatu biosfery, ani ograniczania praw własności (z wyjątkiem obszarów poddanych ścisłej ochronie).

ISTOTA TREŚCI I METOD DZIAŁANIA REZERWATU BIOSFERY

Uogólniając, można tak określić generalne zadania rezerwatu biosfery: jest to szkoła kształtowania poprawnego stosunku do przyrody człowieka gospodarującego w przyrodzie; kształtowania postawy zapewniającej zarówno trwały rozwój gospodarczy, jak i zachowanie całej różnorodności mechanizmów, zjawisk, procesów i obiektów przyrodniczych. Szkoła ta opiera się nie tylko na teorii i dedukcji, ale przede wszystkim na doświadczeniu i dąży nie tylko do osiągnięcia zrozumienia, do ukształtowania poglądów, ale przede wszystkim do skorygowania postępowania ludzi i działania przedsiębiorstw. Posługuje się metodą nie przymusu ani administracyjnego zakazu, lecz przekonywaniem i dobrym przykładem. Szuka i wypróbowuje nowe metody gospodarowania żywymi zasobami przyrody, a następnie je popularyzuje i upowszechnia.

To uogólnienie jest, jak zwykle, wyidealizowaniem rzeczywistości. Istnieje wszak szeroka otoczka pseudofilozoficznych stereotypów, a nawet zasad postępowania, stosowanych w życiu, bądź przywoływanych do usprawiedliwienia takiego lub innego postępowania, która nam towarzyszy w szkole, w pracy i w życiu publicznym. Do tych stereotypów należy np.: wiara w nieograniczone możliwości postępu nauki i techniki, która prowadzi do całkowitego uniezależnienia człowieka od przyrody; twierdzenie o nieuchronności niszczenia przyrody dla uzyskania postępu; wiara w możliwość nieskrępowanego kierowania układami przyrodniczymi tak jak mechanizmami maszyn. Stereotypy te mają swoje konsekwencje praktyczne w postaci np. lekceważenia lub rezygnacji z odnawialnych źródeł energii, naturalnych mechanizmów samoregulacji w ekosystemach, ekologicznych obiegów materii itp. W praktyce oznacza to m.in. energochłonne budownictwo, energochłonne rolnictwo, ciągłe ryzyko w produkcji rolnej i leśnej, złą gospodarkę wodą i innymi zasobami oraz stałą gotowość do usprawiedliwienia sprawców zniszczeń i zanieczyszczeń środowiska, jeśli tylko produkują cokolwiek. Nie należy się spodziewać, że to rezerwaty biosfery spowodują jakiś przełom w świadomości społecznej i w praktyce gospodarowania, skoro nawet prawo ochrony środowiska z trudem przebija się przez te stereotypy. Rezerwaty biosfery mogą jednak dużo pomóc tym ludziom i instytucjom, które kształtują nową świadomość społeczną, jeśli będą miejscem powstawa-

nia (lub restytuowania) ekologicznie poprawnych metod gospodarowania w przyrodzie i ich upowszechniania.

Aby rezerваты biosfery takimi były, muszą być spełnione pewne warunki: dobrze wybrane obiekty, odpowiednie programy, personel i środki działania.

WYBÓR OBIEKTÓW

Z punktu widzenia lokalizacji, wyboru obiektów, określenia ich granic i wielkości obszaru polskie rezerваты biosfery spełniają tylko dwa kryteria spośród wielu wymienionych w „Programie działania UNESCO w sprawie rezerwatów biosfery”: mają niewątpliwie międzynarodowe znaczenie dla ochrony przyrody i są reprezentatywne dla swoich prowincji biogeograficznych. Nie jest to wprawdzie reprezentacja pełna, ale może być łatwo uzupełniona przez dalszą rozbudowę sieci rezerwatów (o tym dalej). Gorzej, że żaden z tych rezerwatów nie obejmuje całego zróżnicowania ważnych ekosystemów swojego regionu, ani naturalnych, ani zmienionych przez użytkowanie, np. Słowiński Park Narodowy nie obejmuje strefy przybrzeżnej Bałtyku, a Babio-górski piętra pogórza.

Jednakże żaden z naszych rezerwatów biosfery nie może spełniać swoich funkcji z innego, najprostszego powodu: ograniczenia ich obszarów tylko do dwóch kategorii ochrony: ścisłej i częściowej. Nie obejmują one obszarów o różnym stopniu zagospodarowania (ekstensywnego i intensywnego), ani wielu podstawowych kategorii użytkowania gruntów. Obszary z ekosystemami naturalnymi i półnaturalnymi, ściśle chronione, powinny tworzyć rdzeń rezerwatu biosfery. Ten rdzeń — według kryteriów UNESCO — powinien być obudowany obszarami zagospodarowanymi i dogodnymi do eksperymentowania, z krajobrazami harmonijnie ukształtowanymi przez tradycyjne sposoby użytkowania ziemi i zamieszkałymi, z ekosystemami zmienionymi lub zdegradowanymi, które mogą być modelami rekultywacji. Ani Białowiecki Park Narodowy, ani jezioro Łuknajno, które w całości są rezerwatami ścisłymi, w dotychczasowym kształcie nie mają więc sensu jako rezerваты biosfery.

Rezerwat biosfery powinien być na tyle duży, by była możliwa jego skuteczna ochrona oraz aby miał wartość jako reper dla pomiaru długotrwałych zmian w biosferze; powinien też być otoczony dostatecznie rozległą strefą ochronną, jako obszarem kooperacji z ludnością. Żaden z naszych rezerwatów nie spełnia i tego kryterium.

Rezerваты biosfery nie zakładają ograniczeń użytkowania gruntów jednakowo na całym swoim obszarze, lecz stopniowanie ograniczeń od ścisłej ochrony w obszarze rdzeniowym do obszarów o intensywnej i trwałej produkcji. Aby więc mogły spełniać swoje funkcje, należałoby w zasadniczy sposób zmienić granice naszych rezerwatów biosfery. I tak np. Białowiecki Rezerwat Biosfery powinien obejmować całą Puszcę Białowiecką wraz z doliną górnej Narwi, wsiami puszczańskimi i obszarami przyległymi od południa aż po Kleszczele. Mazurski Rezerwat Biosfery powinien obejmować oprócz

jeziora Łuknajno cały kompleks Wielkich Jezior wraz z przyległymi lasami, polami i rzekami. Rewizji wymagałyby także granice pozostałych dwu rezerwatów biosfery, jeśli Polska miałaby ambicję dostosowania się do wymogów międzynarodowej działalności w tej dziedzinie.

Dopóki nie tchnie się życia w istniejące rezerваты biosfery, nie ma wielkiego sensu tworzenia nowych. Pojawiają się w tej sprawie propozycje i są one godne rozważenia w przyszłości. Jest rzeczą zastanawiającą, że kryterium rezerwatów biosfery bardziej odpowiadają niektóre nasze parki krajobrazowe, niż parki narodowe. Przynajmniej w tym sensie, że obejmują ekosystemy i krajobrazy w różnym stopniu zagospodarowane, od w pełni naturalnych w rezerwach ścisłych, po intensywne uprawy rolne w otulinie i monokultury leśne. Nasze na ogół małe parki narodowe mogłyby wchodzić w skład rezerwatów biosfery, jednak nieporozumieniem byłoby kontynuowanie tej błędnej linii postępowania, która doprowadziła do pozornego tylko przekształcenia trzech parków narodowych w rezerваты biosfery.

Z punktu widzenia reprezentatywności strefowych ekosystemów oraz reprezentatywności form użytkowania ziemi wkład Polski do światowej sieci rezerwatów biosfery powinien zostać uzupełniony o przynajmniej dwa obiekty: 1) Bagna Biebrzańskie — wieki kompleks torfowisk, łąk i lasów w dolinach rzecznych oraz 2) fragment krajobrazu rolniczego w strefie środkowoeuropejskich lasów liściastych, wielostronnie użytkowanego (osadnictwo — leśnictwo — rolnictwo — turystyka). Mogłby to być Wielkopolski Park Narodowy z szerokim zapleczem, albo Jurajski Park Krajobrazowy, albo Puszcza Kampinoska z parkiem narodowym; możliwe są i inne propozycje.

PROGRAM DLA REZERWATÓW BIOSFERY

Wielkie międzynarodowe programy dotyczące ochrony przyrody: światowa strategia, rezerваты biosfery, program edukacji środowiskowej, program ochrony szaty roślinnej i in. — tworzone są z reguły pod presją wielkich procesów niszczących: eksterminacji flory i fauny, wymierania lasów, pustoszenia Ziemi, erozji gleb i utraty gruntów rolnych, globalnego zanieczyszczania wód morskich i atmosfery itd. Areną dla tych procesów są wszystkie kontynenty i oceany, ale ze szczególnym natężeniem występują one w krajach tropikalnych i subtropikalnych. Nie tu miejsce na omawianie ich przyczyn i skutków; dość wspomnieć, iż według przewidywań FAO w ostatnich 20 latach bieżącego stulecia ulegnie zniszczeniu 30% gruntów ornych na Ziemi, a według szacunku botaników z IUCN każdego dnia giną bezpowrotnie 2 gatunki roślin wyższych. Ważne jest to, iż w krajach uprzemysłowionych niszczenie gleb i ekosystemów zachodzi pod działaniem czynników pośrednich (przede wszystkim zanieczyszczeń), w krajach rozwijających się — czynników bezpośrednich: karczowania lasów, nadmiernego wypasu, nadmiernego pozyskiwania żywych zasobów. Programy ochrony są więc ukierunkowane w dużej mierze na ograniczenie niszczenia bezpośredniego, przez wykorzystanie wiedzy ekologicznej do gospodarowania glebą i wodą, lasami

i pastwiskami, roślinami i zwierzętami. Są tu wielkie możliwości zracjonalizowania działań ludzkich i uzyskania szans na trwały rozwój, podczas gdy w krajach uprzemysłowionych ukrócenie niszczących zanieczyszczeń zależy od postępu technologii i od decyzji politycznych, ekologia ma tu niewiele do zrobienia.

W Polsce (i w Europie) nie ma tak niszczącej eksploatacji przyrody, która prowadziłaby do erozji, pustynnienia, eksterminacji flory i fauny w katastrofalnych rozmiarach. Zjawiska te istnieją, ale są moderowane świadomie i od dawna. Gospodarka rolna i leśna korzysta z naukowych podstaw, a spora część dokonywanego w tych dziedzinach postępu technicznego nakierowana jest na naprawę własnych błędów, zrodzonych przez poprzednie etapy wdrażania postępu technicznego sprzed lat, dziesięcioleci a nawet stuleci. Kształceni i doksztalceni są specjaliści, działają gospodarstwa doświadczalne i instytuty naukowe, gdzie obserwuje i analizuje się efekty gospodarowania nie tylko ekonomiczne, ale i środowiskowe. Czy wobec tego potrzebny jest jeszcze osobny program do realizacji przez rezerваты biosfery, poza — co oczywiste — globalnym monitoringiem?

Program taki jest potrzebny, bowiem ekologizacja gospodarowania zasobami przyrody i środowiskiem nie poczyniła u nas oszałamiającego postępu ani w teorii, ani w praktyce. Co i raz pojawiają się pomysły i projekty wprost anty-ekologiczne, jak beżściółowe fermy z niezagospodarowaną gnojowicą, sadzowe hodowle ryb, totalne osuszanie mokradeł i kanalizacja wszystkich rzek. Warto też mieć w pamięci jałową pogoń w leśnictwie za wydumanymi kultywarami topoli, które miały zrewolucjonizować produkcję drewna, przy jednoczesnym lekceważeniu rodzimych gatunków; albo fakt, że cały przyrost powierzchni leśnej po wojnie (o 7% powierzchni geograficznej kraju) dokonał się przez sadzenie monokultur sosnowych, wbrew naturalnym prawom sukcesji ekologicznej, która podsuwała gatunki pionierskie: modrzew, osikę, brzozę. Zresztą wyniki pierwszego światowego Kongresu Rezerwatów Biosfery (Mińsk, 1983) dowiodły, że w wielu krajach rozwiniętych rezerваты biosfery z powodzeniem realizują poważne programy naukowe, a ich znakomitym przykładem jest Berezynski Rezerwat Biosfery.

Rezerваты biosfery powinny więc mieć program rozwoju wiedzy i umiejętności praktycznych, służący harmonizowaniu rozwoju gospodarczego z szeroko rozumianą ochroną przyrody. Program byłby upowszechniany przez działalność oświatową i szkoleniową. Niektóre wyniki badań byłyby wdrażane do powszechnej praktyki ochrony przyrody, niektóre do praktyki gospodarczej. Program nie musi mieć ambicji wstrząsania podstawami gospodarki żywymi zasobami przyrody, ani totalnego wdrażania nawet udanych osiągnięć. Raczej powinien proponować alternatywy postępowania w ściśle określonych warunkach. Dobrym miejscem, gdzie takie alternatywne metody gospodarowania mogłyby być dalej wypróbowane, są parki krajobrazowe.

Dotychczas nasze rezerваты biosfery takiego programu nie mają. Poza skromnymi zamierzeniami Komitetu Narodowego MaB (bibliografia, koordynacja badań) cały nasz narodowy program MaB korzysta z tych obszarów mało lub wcale. Nie ma ich również w centralnych programach badawczych.

Sytuacja jest taka, że uznanie trzech parków narodowych i jednego rezerwatu ścisłego za rezerwaty biosfery nie wpłynęło w istotny sposób na program badań dotychczas realizowany na tych obszarach chronionych.

ORGANIZACJA I ŚRODKI DZIAŁANIA

Brak programu i nie najlepszy wybór obszaru w praktyce nie miał wpływu na funkcjonowanie rezerwatów biosfery, ponieważ nie mają one dotychczas ani organizacji, ani kadr, ani środków działania. Trzeba zdać sobie sprawę z tego, że powołanie rezerwatu biosfery musi być jednoznaczne z utworzeniem nowej placówki naukowo-doświadczalno-oświatowej, samodzielnej lub jako filii terenowej którejś z istniejących placówek. Liczenie na to, iż personel dotychczasowego parku narodowego może urzeczywistnić program rezerwatu biosfery jest złudzeniem. Część zadań rezerwatu biosfery może i powinna być wykonywana przez partnerów zewnętrznych — instytucje naukowe, stacje doświadczalne, uczelnie itd. Zarząd rezerwatu byłby tu partnerem i koordynatorem. Ale są zadania, w których urzeczywistnianiu nikt nie zastąpi personelu rezerwatu biosfery, mianowicie tych, które wynikają z funkcji kooperacyjnej i konserwatorskiej. Jeśli zatem chcemy mieć rezerwaty biosfery, trzeba utworzyć ich organizację i wyposażyć je w środki działania. Jeśli nie chcemy lub nie możemy tego uczynić, to... lepiej niech park narodowy będzie parkiem narodowym a rezerwat przyrody rezerwatem, i niech funkcjonują dobrze zgodnie ze swoim przeznaczeniem.

Jeśli więc, Szanowny Czytelniku, szukasz w końcu artykułu odpowiedzi na pytanie postawione w tytule, to odpowiedź brzmi: tak, są, ale... (i tu należy wrócić do lektury od początku).

JACEK DUTKIEWICZ

Instytut Włókien Sztucznych
Politechnika ŁódzkaMOŻLIWOŚCI PRAKTYCZNEGO WYKORZYSTANIA CHITYNY
KRYŁOWEJ

WSTĘP

Już na przełomie lat trzydziestych i czterdziestych naszego wieku chityna zaczęła fascynować naukowców swymi unikalnymi właściwościami. Z tego okresu pochodzą wiele publikacji i patentów. Później, brak stałego źródła surowca spowodował spadek zainteresowania wspomnianym polimerem. Jednakże w latach sześćdziesiątych rozwój przemysłu chłodniczego i wzrost spożycia skorupiaków przyczynił się do gromadzenia dużych ilości pancerzy chitynowych, stanowiących kłopotliwe odpady. I wtedy znów zaczęto interesować się możliwością produkcji i praktycznego wykorzystania chityny oraz jej pochodnej — chitozanu.

Do tej pory odbyły się cztery międzynarodowe konferencje na temat tych polimerów w Stanach Zjednoczonych, Japonii, we Włoszech i w Norwegii. Polska znalazła się w gronie krajów produkujących chitynę i chitozan. Surowcem do tej produkcji są przede wszystkim pancerze kryłowe (Brzeski et al. 1985, Neugebauer i Bykowski 1985).

Chityna jest poli-N-acetylo-D-glukozaminą, czyli policukrem podobnym pod względem chemicznym do celulozy. W wyniku hydrolizy grup N-acetyloaminowych powstaje chitozan, częściej wykorzystywany niż sama chityna z uwagi na lepszą rozpuszczalność.

WŁAŚCIWOŚCI WŁÓKNO- I BŁONOTWÓRCZE POLIMERÓW CHITYNO-
POCHODNYCH

Chityna jest polimerem liniowym o masie cząsteczkowej sięgającej miliona i więcej daltonów (Muzzarelli 1977). Zasadnicza trudność w przeprowadzeniu jej w postać włókna lub błony polega na sporządzeniu odpowiednio stężonego i niskolepkiego roztworu (Dutkiewicz 1981). Łatwiej rozpuszczają się niektóre pochodne chityny, na przykład produkt jej deacetylacji — chitozan. Najczęściej stosowanymi rozpuszczalnikami są wówczas rozcieńczone kwasy organiczne. Wydano wiele patentów i opublikowano szereg artykułów na temat sposobów otrzymywania roztworów przedziałniczych takich polimerów. Największe, możliwe do uzyskania stężenia przy zachowaniu odpowiednio niskiej lepkości nie przekraczają jednak 4-6%. Są to wartości

zbyt małe, aby można było z powodzeniem formować włókna chitynowe lub chitynopochodne na dużą skalę przemysłową. Tym niemniej wydaje się uzasadniona produkcja takich włókien do celów specjalnych, na przykład na nici chirurgiczne. Firma japońska Unitika Ltd. wydała niedawno patent (nr 59227901 z 1984 roku), w którym zastrzeżony jest sposób formowania włókien z chityny rozpuszczonej w N-metylopirolidynie, z dodatkiem chlorku litu. Ośrodek badawczy Fuji Spinning Co. próbuje zmniejszyć lepkość roztworów przedziałniczych chitozanu przez zastosowanie jako rozpuszczalnika kwasu dwuchlorooctowego (patent japoński nr 59116418 z 1984 roku). Jest to mocny kwas często niewygodny do stosowania w technologii, w którym poliaminowęgłowodany otrzymywane z chityny ulegają degradacji.

Możliwości modyfikowania chemicznego chityny lub chitozanu są stosunkowo duże, ponieważ polimery te zawierają reaktywne grupy aminowe i wodorotlenowe. Wprowadzenie nowych ugrupowań chemicznych do makrocząsteczek jest dodatkową operacją, która może doprowadzić do otrzymania pochodnych chityny o większej rozpuszczalności. Przykładem tego są wyniki prac prowadzonych w Uniwersytecie Hokkaido, które świadczą, że niektóre alkilochityny są dobrze rozpuszczalne w mieszaninie kwasu mrówkowego z kwasem dwuchlorooctowym (Tokura et al. 1982).

Wydaje się, że skutecznym sposobem podwyższenia stężenia roztworów przedziałniczych i obniżenia ich lepkości jest wprowadzenie odpowiednich grup funkcyjnych do makrocząsteczki chityny i zmniejszenie masy cząsteczkowej polimeru do poziomu, który pozwala na zachowanie jego własności włóknotwórczych. Pozytywne wyniki dają badania nad kontrolowaną degradacją pochodnych chityny prowadzone obecnie w Instytucie Włókien Sztucznych Politechniki Łódzkiej.

Inne podejście do problemu wykorzystania właściwości włóknotwórczych chityny polega na zastosowaniu tego polimeru lub produktu jego modyfikacji chemicznej jako składnika układu dwóch lub kilku polimerów. Na przykład w wymienionym ośrodku naukowym PŁ otrzymywane były włókna wiskozowe z udziałem chityny i poliakrylonitrylowe z dodatkiem chitozanu (Dutkiewicz i Kubicka 1985). W pierwszym przypadku wykorzystana jest analogia między budową chemiczną chityny i celulozy, dzięki której obydwa polocukry tworzą podobne związki w reakcjach z wodorotlenkiem sodu, a następnie z dwusiarczkiem węgla. Powstały tą drogą ksantogenian chityny rozpuszcza się w rozcieńczonym roztworze wodorotlenku sodu i otrzymaną wiskozę chitynową można mieszać z wiskożą celulozową. Z przygotowanego w ten sposób roztworu przedziałniczego formowane były włókna podobną metodą jak w przypadku zwykłego jedwabiu wiskozowego. W wyniku prób przeprowadzonych przez Instytut Włókien Sztucznych PŁ w ZWCh „Chemitex-Wistom” stwierdzono, że komponent chitynowy ma korzystny wpływ na zjawiska związane z koagulacją i regeneracją tworzywa włóknotwórczego. Efekt ten polega na otrzymywaniu bardziej równomiernego włókna o jednorodniejszej strukturze wewnętrznej w stosunku do cech włókien niemodyfikowanych. Większa równomierność jedwabiu celulozowo-chitynowego wpływa dodatnio na równomierność wytrzymałości włókien.

Wydaje się, że interesujące byłoby zbadanie właściwości biomedycznych przędzy celulozowo-chitynowej, ponieważ składnik poliaminowęglowodanowy ma cechy antyseptyczne, a także wywiera leczniczy wpływ na niektóre schorzenia dermatologiczne i przyspiesza gojenie się ran. W związku z tym włókna wiskozowe z udziałem chityny lub jej pochodnych mogłyby okazać się przydatne w medycynie na przykład w postaci opatrunków, bandaży itp.

Zainteresowanie zagadnieniem modyfikacji włókien poliakrylonitrylowych wyniknęło stąd, że, jak wykazały wstępne doświadczenia, chitozan rozpuszcza się w nasyconym roztworze wodnym rodanku sodu oraz w rodankowym roztworze przedziałniczym poliakrylonitrylu. Zjawisko to jest warte przestudiowania zarówno z teoretycznego, jak i z praktycznego punktu widzenia. Z jednej strony bowiem chodzi o rozszerzenie wiadomości o własnościach fizykochemicznych chitozanu, a z drugiej — można liczyć na korzystny efekt tego polimeru jako modyfikatora włókien poliakrylonitrylowych. Okazało się na przykład, że przędza modyfikowana jest mniej skłonna do elektryzacji aniżeli włókna anilanowe (Dutkiewicz i Kubicka 1985).

Właściwości błonotwórcze chityny i jej pochodnych dają się wykorzystywać w rozmaity sposób. Można na przykład otrzymywać membrany z tych polimerów, tworzyć z nich powłoki na innych materiałach lub sporządzać otoczki wokół ziaren, granulek, kapsulek itp. Formowanie błon chitynowych wymaga użycia specjalnych rozpuszczalników takich jak nasycone roztwory wodne soli nieorganicznych, na przykład tiocyjanianu litu, jodku i bromku wapnia lub rozpuszczalników organicznych jak sześćiofluoroizopropanol i niektóre halogenoalkohole. W zależności od pochodzenia i sposobu otrzymywania nie każda chityna jest rozpuszczalna w wymienionych związkach. Wygodniej jest czasem korzystać z jej zdeacetylowanej formy, tj. chitozanu. Po utworzeniu filmu chitozanowego z roztworu w kwasie organicznym można poddać go N-acylowaniu w celu odtworzenia chityny i w ten sposób z powrotem uzyskać mniej rozpuszczalną postać polimeru. Błony chitozanowe i N-acylochitozanowe znajdują zastosowanie przede wszystkim w medycynie i biologii. Między innymi używane są do produkcji sztucznych nerek z uwagi na ich specyficzną przepuszczalność i zdolność do wiązania jonów metali (Muzzarelli 1984). Błonki z chitozanu stosowane były do unieruchamiania enzymów lub całych komórek (Muzzarelli 1976, Synowiecki i Sikorski 1985). Ciekawą hodowlę komórek nabłonkowych na membranach chitozanowych prowadzi się w Zakładzie Biochemii w Instytucie Biologii WSP w Olsztynie (Dolińska 1986). Podobne prace prowadzone są w Akademii Medycznej w Szczecinie, gdzie tkanka nabłonkowa hodowana jest na pokrytej chitozanem tkaninie dakronowej (Tyrakowski et al. 1986).

Chitozan wykazuje dużą adhezję do niektórych tworzyw organicznych i nieorganicznych i dlatego powłoka z filmu tego polimeru silnie przylega do powierzchni obcego materiału. Między innymi wykorzystano tę cechę chitozanu w procesie klejenia włókien poliestrowo-wiskozowych (Węclawowicz 1985). W Instytucie Włókiennictwa w Łodzi otrzymano takie wyroby z przeznaczeniem do celów sanitarnych jako materiały opatrunkowe

(Żelazny i Malewska-Bartczak 1981). Impregnacja wyrobów wełnianych prowadzi do zmniejszenia ich skłonności do kurczenia się i do poprawy trwałości wybarwień (Weltrowski i Dedel 1985). Tym problemem zajmowała się między innymi Izba Wełny w Gdyni.

W Instytucie Włókien Sztucznych PŁ prowadzono badania nad wykorzystaniem chitozanu jako środka pomocniczego przy barwieniu i drukowaniu tkanin z włókien szklanych (Dutkiewicz i Kubicka 1985). Jest to zagadnienie znane z literatury (Muzzarelli 1977), przy czym brak było jak dotąd informacji na temat trwałości uzyskiwanych w tym przypadku wybarwień i wydruków. Film chitozanowy wykazuje dużą adhezję do włókna szklanego dzięki oddziaływaniom elektrostatycznym między tymi materiałami. Dlatego nawet po praniu tkaniny szklane barwione pigmentami organicznymi w kompozycjach z chitozanem zachowują dobrze kolor. Gorzej natomiast przedstawia się odporność wybarwień na tarcie.

Duża zdolność pochodnych chityny do adhezji i ich aktywność biologiczna, o której już wyżej wspomniano, skłoniły nas do podjęcia badań nad zastosowaniem tych związków do modyfikacji powierzchni biomateriałów z włókien i tworzyw chemicznych. Wyniki tych prac podane zostaną w niedalekiej przyszłości.

W Instytucie Włókien Sztucznych PŁ prowadzone były również próby wykorzystania właściwości błonotwórczych chitozanu w procesie otrzymywania kompozycji środków biologicznie czynnych o spowolnionym uwalnianiu, do celów rolniczych. W tym przypadku rola chitozanu jako tzw. polimeru „kontrolującego” miała polegać na wytworzeniu błonki na powierzchni nośnika zawierającego związek bioaktywny. Dzięki temu dyfuzja substancji czynnej do gleby ulegała dodatkowemu spowolnieniu.

WYKORZYSTANIE CHITYNY I CHITOZANU JAKO NOŚNIKA SUBSTANCJI BIOAKTYWNYCH

Chityna i chitozan mają postać nieregularnych płatków lub granulek o silnie rozwiniętej powierzchni zewnętrznej. W związku z tym wykazują zdolność do zatrzymywania w swojej masie znacznych ilości obcych substancji. Wprowadzone związki mogą wiązać się z poliaminocukrem poprzez tworzenie z nim wiązań wodorowych, jonowych lub koordynacyjnych, zlokalizowanych na grupach wodorotlenowych i aminowych. Podobnie jak to ma miejsce w przypadku innych polimerów naturalnych i syntetycznych, fakt ten wykorzystywany jest do sporządzania układów dwu- lub wieloskładnikowych, w których chityna lub jej pochodne spełniają rolę nośnika substancji o określonej aktywności, najczęściej biologicznej lub biochemicznej. Na przykład mogą być nimi enzymy, które w ten sposób unieruchomione znajdują zastosowanie jako biokatalizatory. Między innymi w Politechnice Gdańskiej prowadzono w tej dziedzinie badania, których obiektem był układ chityna-amylazy (Synowiecki et al. 1982). W Akademii Medycznej w Krakowie chitozan testowany jest jako składnik stałych postaci leku (Knapczyk

1986). W tym przypadku otrzymywane są produkty w formie tabletek, z których składnik czynny uwalniany jest do organizmu w sposób spowolniony. W Instytucie Immunologii w Moskwie stwierdzono przydatność chitozanu jako nośnika leków o działaniu immunologicznym (Kashkin et al. 1984).

Kompozycje chitynowe i chitozanowe z udziałem pestycydów stosowanych w rolnictwie wytwarzano w skali doświadczalnej w Instytucie Włókien Sztucznych PŁ. Próby wykorzystania tych polimerów w charakterze nośników związków biologicznie czynnych podejmowane były również między innymi w Uniwersytecie Waszyngtońskim (Allan i Dutkiewicz — nie publikowane). Wydaje się, że w chwili obecnej wysoka cena i stosunkowo nieduża skala produkcji poliaminowęglowodanów otrzymywanych w Polsce z kryla nie stwarzają warunków sprzyjających do wykorzystania tych polimerów w rolnictwie.

AKTYWNOŚĆ BIOLOGICZNA POCHODNYCH CHITYNY

Chityna i jej pochodne wykazują czynność biologiczną, która jest przedmiotem badań ośrodków medycznych, biochemicznych i zajmujących się chemią polimerów. Aktywność polimerów otrzymywanych z chityny przejawia się w wielu przypadkach. Poza tymi, o których była już mowa, duże znaczenie przypisać trzeba właściwościom immunologicznym poliaminocukrów i ich zdolności do zapobiegania koagulacji krwi. Charakterystyka omawianych polimerów z punktu widzenia ich bioaktywności zależy od stopnia deacetylacji chityny i od obecności nowych grup funkcyjnych, które mogą być wprowadzone do makrocząsteczki w wyniku odpowiednich reakcji chemicznych.

Polimery chitynopochodne wpływają na odpowiedzi immunologiczne zarówno organizmów roślinnych, jak i zwierzęcych. W Uniwersytecie Stanu Waszyngton stwierdzono, że chitozan hamuje rozwój grzybiczy nasion roślin uprawnych i powoduje wzrost ich odporności na tego rodzaju infekcje (Hadwiger et al. 1985). Doświadczenia prowadzone na ziarnach grochu wykazały, że chitozan wpływa na proces biosyntezy DNA i na zwiększenie produkcji chitanazy i innych liaz, które atakują błonę komórkową grzybów. W szczególności zalecana jest obróbka nasion ozimów uprawianych na glebach, gdzie pasożyty rozwijają się na częściach ukorzenionych roślin.

W wielu przypadkach, badania właściwości immunologicznych pochodnych chityny mają na celu znalezienie odpowiedniego środka farmaceutycznego. Prace w tej dziedzinie prowadzone są między innymi przez Instytut Immunologiczny w Moskwie, Instytut Immunologiczny i Wydział Polimerów w Uniwersytecie Hokkaido w Sapporo, a w Polsce przez Zakład Oceanografii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie. Wyniki badań są bardzo interesujące. Stwierdzono na przykład, że chityna, chitozan oraz niektóre ich pochodne zawierające grupy fosforowe, siarczanowe lub karboksylowe wykazują własności bakteriobójcze, grzybobójcze, wpływają korzystnie na proces fagocytozy drobnoustrojów i hamują rozwój komórek nowotworowych. Szczególnie

dużą aktywnością charakteryzuje się chityna poddana hydrolizie do stopnia deacetylacji równego 70% (Nishimura et al. 1984, Nishimura et al. 1985). W publikacjach japońskiego ośrodka naukowego polimer ten opisywany jest jako substancja rozpuszczalna w wodzie. Jest zatem prawdopodobne, że masa cząsteczkowa próbek stosowanych do badań była stosunkowo niska. W ogólności pochodne chityny rozpuszczalne w wodzie wykazywały większą aktywność immunologiczną niż nierozpuszczalne polimery chitynopochodne.

Chityna i chitozan stosowane są również z powodzeniem do leczenia schorzeń dermatologicznych (Raszeja-Kotelba 1986), owrzodzeń (Lorek et al. 1986) i ran (Muzzarelli et al. 1982, Muzzarelli 1983). W Polsce prowadzone są w tym kierunku prace w Akademii Medycznej w Poznaniu oraz w Wojskowym Instytucie Medycyny Lotniczej w Warszawie. W Instytucie Włókien Sztucznych PŁ opracowywane są metody otrzymywania szeregu pochodnych chityny i chitozanu oraz badane są ich własności chemiczne i fizykochemiczne. Aktualnie testowana jest aktywność biologiczna preparowanych związków przez ośrodki medyczne zajmująca się tymi zagadnieniami.

Instytut Biochemii i Wydział Medycyny Uniwersytetu w Anconie oraz Wydział Biochemii Rolniczej Uniwersytetu w Tottori położyły duże zasługi w dziedzinie otrzymywania pochodnych chityny i chitozanu o właściwościach przeciwwązkrzepowych. W szczególności wprowadzenie grup siarczanowych i karboksylowych do makrocząsteczki upodabnia ją chemicznie do heparyny — naturalnego mukopolisacharydu, który hamuje procesy biochemiczne zmierzające do koagulacji krwi (Muzzarelli 1984). Aktywność siarczanowych pochodnych chitozanu zależy przypuszczalnie od stereospecyficznej lokalizacji grup anionowych w makrocząsteczce, dlatego istotne znaczenie ma sposób otrzymywania tych związków (Hirano et al. 1985). W ośrodku naukowym w Anconie oraz na Wydziale Polimerów i na Wydziale Chirurgii Uniwersytetu Hokkaido w Sapporo sprawdzano działanie preparacji chitozanowych na przewodach medycznych do przetaczania krwi (Muzzarelli 1984, Komai et al. 1985). Stwierdzono, że chitozan i niektóre acylochitozany posiadają korzystne właściwości fizykochemiczne, które predysponują je do stosowania do obróbki sztucznych tkanek i materiałów biomedycznych mających kontakt z krwią. Na Wydziałach Chirurgii i Patologii VAMC w Omaha wykazano, że w pewnych warunkach roztwory chitozanowe powodują żelowanie krwi (Malette i Quigley 1985). Zjawisko to wykorzystano w operacjach chirurgicznych związanych z przeszczepianiem sztucznych organów w tych przypadkach, gdzie występuje niebezpieczeństwo nadmiernego krwawienia.

WYKORZYSTANIE POCHODNYCH CHITYNY DO CELÓW KOSMETYCZNYCH

Organiczne sole chitozanowe rozpuszczalne są w wodzie i w rozcieńczonych kwasach organicznych. Związki te nadają się do wykorzystania między innymi w przemyśle kosmetycznym jako dodatki do szamponów, kremów, maści itp. Jako jedna z pierwszych wprowadziła na rynek szampony z dodatkiem chitozanu zachodnioniemiecka firma Wela A.-G. (Konrad

i Lang 1983). Krajowy przemysł kosmetyczny również interesuje się wykorzystaniem chitozanu do produkcji szamponów, płynów do układania włosów, kremów nawilżających i innych kompozycji. W badaniach nad tym zagadnieniem uczestniczy między innymi Instytut Włókien Sztucznych PŁ.

Sole chitozanowe tworzą na powierzchni włosów film, który łatwo wymienia parę wodną z otoczeniem. Dzięki tej powłoce zmniejsza się skłonność włosów do elektryzacji i stają się one łatwiejsze do układania. Zaletą soli chitozanu jest to, że wymagane efekty osiąga się przy mniejszym ich stężeniu w preparatach kosmetycznych niż w przypadku konwencjonalnych substancji żywicznych (Gross et al. 1983).

ZASTOSOWANIE POCHODNYCH CHITYNY DO WIĄZANIA I ROZDZIAŁU JONÓW METALI

Chitozan ma zdolność do tworzenia wiązań chelatowych z jonami metali, szczególnie metali grup przejściowych (Muzzarelli 1977). W Polsce tym problemem zajmuje się między innymi Instytut Badań Jądrowych w Warszawie (Rogoziński 1985). Prace prowadzone w tym ośrodku związane są z poszukiwaniami złóż uranu, toru i pierwiastków ziem rzadkich oraz z opracowaniem technologii wydobywania uranu i toru z rud krajowych i z odpadów przemysłowych. Są to surowce ubogie, których przerób prowadzi z reguły do roztworów potrawiennych o bardzo niskich stężeniach cennych składników. Dlatego korzystne jest wstępne zateżnienie metodami sorpcji lub wymiany jonowej przed procesami ekstrakcyjnymi. Chitozan ma selektywną zdolność do wiązania uranu i pierwiastków grup przejściowych przy dużych stężeniach kationów metali alkalicznych i ziem alkalicznych. Jest również konkurencyjny pod względem ceny w stosunku do cen stosowanych żywic jonowymiennych.

Własności chitozanu polegające na tworzeniu chelatów z jonami metali ulegają modyfikacji pod wpływem obróbki polimeru kwasem siarkowym i siarczanem amonowym (Muzzarelli 1977). Badania autora niniejszego artykułu prowadzone wraz ze współpracownikami w Uniwersytecie Lubumbaskim w Zairze wykazały, że również i inne czynniki, jak odczyn środowiska, temperatura i granulacja chitozanu mają duży wpływ na zdolność poliaminocukru do wiązania jonów miedzi, kobaltu, niklu, cynku, żelaza, ołowiu i kadmu (Dutkiewicz et al. 1984a). Na przykład chitozan obrabiany roztworem siarczanu amonowego wiąże jony Co^{2+} w środowisku o odczynie pH 3 w znacznie mniejszym stopniu niż jony Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} i Fe^{3+} . Fakt ten stwarza możliwość zastosowania chitozanu do rozdzielania kobaltu od innych metali. Zdaniem autora operacja taka byłaby korzystna przed procesem elektrolitycznego wyodrębniania kobaltu w trakcie hydrometalurgicznej przeróbki rud miedziowo-kobaltowych.

Chitozan nadaje się również do oczyszczania ścieków przemysłowych z kadmu i ołowiu (Dutkiewicz et al. 1984b). Podstawą do takiego wniosku były wyniki badań nad usuwaniem zanieczyszczeń metalicznych z roztworów odpadowych pochodzących z zakładów pirometalurgicznych w rejonie Lubumbashi.

WNIOSKI

W niniejszym artykule przedstawione zostały niektóre aspekty praktycznego wykorzystania pochodnych chityny, głównie pod kątem zainteresowań Instytutu Włókien Sztucznych PŁ i innych polskich ośrodków naukowych. Poza wymienionymi już wyżej projektami badawczymi podejmowanymi w kraju na uwagę zasługują również prace Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Olsztynie na temat właściwości chromatograficznych chityny (Gwis-Chomicz i Popowicz 1985) oraz badania Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie nad wykorzystaniem tego polimeru w weterynarii (Jabłonska et al. 1986). Wydaje się, że chitozan mógłby być użyty jako środek wiążący w przemyśle papierniczym (Allan i Dutkiewicz 1978).

Perspektywy opłacalnych sposobów aplikacji chityny i pochodnych tego polimeru, w szczególności chitozanu, są stosunkowo wyraźne. Już teraz nie ma większych przeszkód, by wykorzystać te polimery w niektórych dziedzinach medycznych, biologicznych i kosmetycznych, o których była mowa wyżej. Jednym z podstawowych warunków powodzenia tych działań jest systematyczna dostawa surowca. Należy się spodziewać, że głównym jego źródłem w Polsce będą, jak do tej pory, odpady pancerzy kryła. Niektórzy autorzy upatrują w tym gatunku jednego z ważniejszych dostawców chityny także i w innych częściach świata (Allan i Dutkiewicz 1978). Jest to dodatkowy argument przemawiający za kontynuowaniem badań nad poliaminowęglowodanami otrzymywanymi ze skorupki kryła. Jakie naprawdę korzyści przyniosą te prace powinna pokazać już niedaleka przyszłość.

LITERATURA

- Allan G. G., Dutkiewicz J. 1978 — *Polymeric cellulose derivatives* — Eighth World Forestry Congress, Granadía.
- Brzeski M., Mieczkowska M., Sowa K., Stolz H., Wojtasz-Pajak A., Neugebauer W. 1985 — *Technologia otrzymywania chityny z pancerza kryła antarktycznego — Chityna, chitozan — produkcja i wykorzystanie* — Studia i Materiały Wydawnictwa MIR, Seria S (2): 13-23.
- Dolińska B. 1986 — *Hodowla komórek nabłonkowych na podłożach chitozanowych* — II Seminarium Chityny/Chitozan, 13 maja, Gdynia.
- Dutkiewicz J. 1981 — *Niektóre kierunki zastosowania chityny i jej pochodnych w technologiach włókien chemicznych i tworzyw sztucznych* — Polimery 25: 333.
- Dutkiewicz J., Ngandu K., Mutombo M., Tshilombo T. 1984a — *Etude sur l'utilisation du chitosane dans la séparation de certains métaux de transition* — Annales de la Faculté Polytechnique de l'Université de Lubumbashi.
- Dutkiewicz J., Mutombo M., Ngandu K. 1984b — *Essais de collection de Pb^{2+} et Cd^{2+} des solutions aqueuses à l'aide du chitosane* — Annales de la Faculté Polytechnique de l'Université de Lubumbashi.
- Dutkiewicz J., Kubicka H. 1985 — *Badania nad niektórymi zastosowaniami chityny i chitozanu w technologii włókien chemicznych — Chityna, chitozan — produkcja i wykorzystanie* — Studia i Materiały Wydawnictwa MIR, Seria S (2): 67-69.

- Gross P., Konrad E., Mager H. 1983 — *Investigations on chitosan as a natural film — forming ingredient in hair cosmetic products under the consideration of ecological aspect* — Parfuem. Kosmet., 64 (7): 367-371.
- Gwis-Chomicz D., Popowicz J. 1985 — *Chromatograficzne właściwości chityny — Chityna, chitozan — produkcja i wykorzystanie* — Studia i Materiały, Seria S (2): 70-71.
- Hadwiger L. A., Kendra D. F., Fristensky B. W., Wagoner W. 1985 — *Chitosan inhibits fungal growth and activates plant genes in some plant-fungal interactions* — Programme and Abstracts, 3rd International Conference on Chitin/Chitosan, April 1-4 Ancona.
- Hirano S., Kitagawa S., Nishioka A. 1985 — *Some sulfated derivatives of chitosan, and their c.d. and ^{13}C -n.m.r. studies with respect to biological activities* — Programme and Abstracts, 3rd International Conference on Chitin/Chitosan, April 1-4 Ancona.
- Jabłonowska Cz., Strzeżek J., Brzeski M. 1986 — *Badania nad doborem parametrów rozdzielczych nośników chitynowych w zastosowaniu do podziału płemników ruchliwych i nieruchliwych* — II Seminarium Chityny/Chitozan, 13 maja Gdynia.
- Kashkin K. P., Dimitrieva L. N., Aristovskaya L. V., Liozner A. L. 1984 — *Some properties of chitosan as a carrier in conjugated antigens* — Immunologiya 2: 31-35.
- Knapczyk J. 1986 — *Wykorzystanie własności chitozanu w formułowaniu stałych postaci leku* — II Seminarium Chityna/Chitozan, 13 maja Gdynia.
- Komai T., Kaifu K., Matsushita M., Koshino I., Kon T. 1985 — *Biomedical evaluation of acylated chitins as coating materials for the absorbent of hepatic assist devices* — Programme and Abstracts, 3rd International Conference on Chitin/Chitosan, April 1-4 Ancona.
- Konrad E., Lang G. 1983 — *Acidic anionic surfactant solution of chitosan and its use in shampoos and hair setting preparations* — Ger. Offen. DE 3, 140, 134.
- Lorek J., Wróblewski S., Kwarecki K. 1986 — *Zastosowanie gąbki kolagenowo-chitynowej w leczeniu owrzodzeń podudzia* — Medycyna Lotnicza, 1: 40-43.
- Malette W. G., Quigley Jr. H. T. 1985 — *Chitosan effect in vascular surgery, tissue culture and tissue regeneration* — Programme and Abstracts, 3rd International Conference on Chitin/Chitosan, April 1-4 Ancona.
- Muzzarelli R. A. A. 1976 — *Biochemical modifications of chitin*. W: *The insect integument*. Ed. H. R. Hepburn — Elsevier, Amsterdam, 63-87.
- Muzzarelli R. A. A. 1977 — *Chitin* — Pergamon Press, Oxford. 309.
- Muzzarelli R. A. A., Tanfani F., Muzzarelli M. G. 1982 — *La chitina e i suoi derivati* — Chim. Ind. (Milano) 64: 18.
- Muzzarelli R. A. A. 1983 — *Chitosan and its derivatives: new trends of applied research* — Carbohydr. Polymers, 3.
- Muzzarelli 1984 — *Heparin-like substances and blood-compatible polymers obtained from chitin and chitosan*. W: *Polymers in medicine*. Eds. E. Chiellini, P. Guisti — Plenum Publishing Corporation, New York, 359-373.
- Neugebauer W., Bykowski P. 1985 — *Krył jako źródło chityny — Chityna, chitosan — produkcja i wykorzystanie* — Studia i Materiały Wydawnictwa MIR. Seria S (2): 7-12.
- Nishimura K., Nishimura S., Nishi N., Saiki I., Tokura S., Azuma I. 1984 — *Immunological activity of chitin and its derivatives* — Vaccine 2: 93-99.
- Nishimura K., Nishimura S., Nishi N., Numata F., Tone Y., Tokura S., Azuma I. 1985 — *Adjuvant activity of chitin derivatives in mice and guinea-pigs* — Vaccine 3: 379-383.
- Raszeja-Kotelba B. 1986 — *Zastosowanie chitozanu w leczeniu wybranych schorzeń dermatologicznych* — II Seminarium Chityna/Chitozan, 13 maja Gdynia.
- Rogoziński W. 1985 — *Prace nad zastosowaniem chityny i chitozanu w celu uzyskania niektórych metali ciężkich z roztworów potrawiennych* — Chityna, chitozan — produkcja i wykorzystanie — Studia i Materiały. Seria S (2): 49-50.

- Synowiecki J., Sikorski Z.E., Naczek M., Piotrkowska H. 1982 — *Immobilization of enzymes on krill chitin activated by formaldehyde* — *Biotechnol. Bioeng.* 24 (8): 1971-1976.
- Synowiecki J., Sikorski Z. 1985 — *Wykorzystanie chityny jako nośnika amylaz* — *Chityna, chitozan — produkcja i wykorzystanie* — *Studia i Materiały Wydawnictwa MIR, Seria S* (2): 41-45.
- Tokura S., Yoshida I., Nishi N., Hiraoki T. 1982 — *Studies on chitin — VI Preparation and properties of alkylchitin fibres* — *Polym. J.* (Tokyo), 14 (7): 527-536.
- Tyrakowski T., Mikulski M., Bernat K. 1986 — *Zastosownie pokrytej chitozanem tkaniny dekronowej do hodowli tkanki nabłonkowej* — *II Seminarium Chityna/Chitozan*, 13 maja, Gdynia.
- Weltrowski M., Dedel B. 1985 — *Badanie możliwości zastosowania chitozanu w przemyśle wełnianym* — *Chityna, chitozan — produkcja i wykorzystanie* — *Studia i Materiały Wydawnictwa MIR, Seria S* (2): 56-66.
- Węclawowicz H. 1985 — *Badania nad możliwością wykorzystania pancerzy krylowych w przemyśle włókienniczym* — *Chityna, chitozan — produkcja i wykorzystanie* — *Studia i Materiały Wydawnictwa MIR, Seria S* (2): 51-55.
- Żelazny T., Malewska-Bartczak H. 1981 — *Sposób wytwarzania włókniny zwłaszcza do celów medycznych* — *Pat. Pol.* 132, 901.

STEFAN STRAWIŃSKI

Katedra Ekologii i Zoologii Kręgowców
Uniwersytet Gdański

PROBLEMY POLSKICH BADAŃ PTAKÓW POLARNYCH

W trudnym okresie konieczności rezygnacji z niektórych rodzajów prac naukowych ze względów ekonomicznych należy się zastanowić nad kontynuacją badań ptaków w Arktyce i w Antarktyce. Otóż, jeżeli uważamy że rzecz bezsporną prowadzenie przez Polskę przyrodniczych badań polarnych (porównaj [1, 2 i 3]) oraz szcycimy się poważnymi osiągnięciami i uzyskaniem pozycji w świecie naukowym, na co zwraca uwagę „Prognoza rozwoju ekologii...” [3], to wszystkie argumenty przemawiające za kontynuowaniem tych badań, automatycznie każą uznać potrzebę prac nad ptakami stanowiącymi jeden z zasadniczych elementów ekosystemów polarnych. Ogromna liczebność morskich ptaków polarnych takich, jak pingwiny (*Sphenisciformes*), mewy (*Laridae*), alki (*Alcidae*), czy fulmary (*Fulmarus glacialis*) sprawia, że znajomość ich biologii (pokarmu, zasięgów występowania, wędrówek oraz przepływu energii przez populacje) ma znaczenie jako istotny element badań oceanograficznych. Również na funkcjonowanie polarnych ekosystemów nadmorskich znaczny wpływ wywierają ptaki. Klekowski i Opaliński [4] dosłownie piszą: „Jednostką, wewnątrz której zachodzi rzeczywiste krążenie materii w makroskali jest układ tundra—morze, a elementem wprawiającym w ruch „maszynerie” krążenia materii i przepływu energii są ptaki morskie gniazdujące na lądzie i odżywiające się w wodach przybrzeżnych”. Ponadto liczebność i koncentracja w porze lęgowej, na stosunkowo niewielkiej przestrzeni, ptaków arktycznych i antarktycznych stwarza niespotykane gdzie indziej możliwości badań populacyjnych, morfo-ekologicznych, modelowych i wszelkich innych, w których trzeba posługiwać się metodami statystycznymi. Tak więc z badań tych nie można i nie należy rezygnować.

W przeszłości ornitologicznymi badaniami polarnymi zajmowali się pracownicy bardzo różnych zakładów naukowych. Obecnie badania ptaków morskich prowadzą: Instytut Ekologii PAN, a w nim Zakład Badań Polarnych, Katedra Ekologii i Zoologii Kręgowców UG, Zakład Biologii Białostockiej Filii UW i Instytut Rybactwa Morskiego WSM w Szczecinie. Do niedawna prace w Antarktyce prowadził też Instytut Zoologii PAN. Instytucje te współpracują ze sobą w miarę potrzeb.

Można śmiało powiedzieć, że zainteresowanie badaniami ptaków polarnych jest w Polsce dość znaczne i mają już trzydziestoletnią tradycję (od 1957 r.) [5, 6]. Są też cenione poza granicami kraju.

Polskie badania ptaków polarnych można uporządkować w pięć grup problemowych:

1. DOKUMENTACJA PODSTAWOWA

Tu mieszczą się niezbędne dla ekologii prace z zakresu faunistyki ilościowej (porównaj [7]) oraz rozmieszczenie przestrzenne populacji. W przeciwieństwie do naszego wybrzeża, w strefach polarnych badania można prowadzić prawie wyłącznie w porze lęgowej. Jedynie liczenia na otwartym morzu prowadzi się w różnych porach roku [8]. Należą tu faunistyczne prace ze Spitsbergenu [9, 10] oraz z wysp antarktycznych: Wyspy Haswella [11], Wyspy Pingwinów i Wyspy Króla Jerzego [12, 13]. Wyniki tych prac mogą posłużyć do stwierdzenia zmian populacyjnych czy to wywołanych działalnością człowieka, czy innymi czynnikami. Dzięki takim badaniom Jabłoński [13] może sugerować, że na wzrost populacji pingwinów z rodzaju *Pygoscelis* wpłynęło odsłonięcie się spod lodu nowych terenów dogodnych na lęgowiska.

2. AUTEKOLOGIA PTAKÓW MORSKICH W POLARNYCH ŚRODOWISKACH

Wyjątkowa specyfika czynników środowiskowych ekosystemów polarnych wymaga specyficznej odpowiedzi gatunków tam żyjących.

Różnymi ekologicznymi i etologicznymi aspektami biologii okresu lęgowego spitsbergeńskiego traczyka lodowego (*Plautus alle*) zajmuje się Stempniewicz [14, 15, 16]. Tu szczególnie interesujące wydają się badania nad rytmem aktywności ptaków kolonii lęgowej w warunkach polarnych oraz przystosowanie tego rytmu do ochrony przed najgroźniejszym drapieżnikiem, jakim na tym terenie jest mewa błada (*Larus hyperboreus*). Z kolei uzyskano pewne dane o gniazdowaniu tego ptaka oraz pokarmie jego młodych, który stanowią w tym czasie głównie traczyki [17, 18].

Pokarm ptaków wodnych omawiany tu jako studium autekologiczne, odnośnie ptaków polarnych, stanowi znacznie ważniejsze zagadnienie jako istotny element roli ptaków w ekosystemach tundrowo-szelfowych [4].

Jabłoński, w cytowanych już pracach [12, 13], ciekawie zanalizował wybór siedlisk na kolonie gniazdowe pingwinów z rodzaju *Pygoscelis*. Na przykład pingwin Adeli (*Pygoscelis adeliae*) preferuje wysoko położone tarasy pokryte rumoszem skalnym, oddalone od brzegu morza, a pingwin maskowy (*P. antarctica*) — skały nad linią brzegową. Stwierdzono również różnice mikroklimatyczne w wyborze lęgowisk przez trzy gatunki pingwinów tegoż rodzaju [19].

W tych słabo zbadanych środowiskach cenne są nawet przyczynki. Jako przykład może posłużyć doniesienie poszerzające wiadomości o życiu wysoko-arktycznej mewy modrodziobej (*Pagophila eburnea*) [20].

3. ROLA PTAKÓW W POLARNYCH EKOSYSTEMACH

Nie ulega wątpliwości, że w ekosystemie tundrowo-szelfowym rola ptaków wodnych jest nadzwyczaj ważna. Wskazuje na to m.in. ogólny schemat dróg przepływu materii przedstawiony przez Klekowskiego i Opalińskiego

[4], a symbolizuje używany przez nich termin „tundra ornitogenna”. Dobitnie dowodzą tego prace nad **ornitogennymi** glebami antarktycznymi Wyspy Króla Jerzego [21].

W badaniach tego rodzaju ekosystemu konieczna jest, poza liczebnością ptaków, znajomość związków pokarmowych oraz miejsca i ilości produkowanego guana. W Hornsundfiordzie opracowali to Stempniewicz i Węśławski [22], a odnośnie Wyspy Króla Jerzego przygotowuje to zagadnienie Jabłoński. Ważny jest też spływ azotanów i fosforanów pochodzących z odchodów ptasich do wód zlewni [23]. Próbę totalnego ujęcia arktycznego ekosystemu Hornsundu, gdzie została wypunktowana rola ptaków przygotowali Stempniewicz i Węśławski [24].

Należy pamiętać, że prace nad funkcjonowaniem ekosystemów arktycznych rzucają światło na ekosystemy pleistoceny Europy, wspomagając badania paleoekologiczne [2].

4. ROLA PTAKÓW PELAGICZNYCH W STREFIE OTWARTYCH MÓRZ ANTARKTYCZNYCH

Spśród Polaków temat ten opracowali, na obszarach mórz antarktycznych, ekolodzy Starck i Wyrzykowski [25] w ramach międzynarodowego programu BIOMASS/FIBEX w oparciu o standardową metodykę tego programu. Uzyskali dane o pelagicznym rozmieszczeniu ptaków i ich zgrupowaniach. Ponadto Starck opracował względną liczebność tych ptaków i stopień dominacji grup troficznych na tle biologii ptaków w okresach wczesnego lata (pora lęgowa) i na jesieni [8, 26]. Z tych prac wynika, że w lecie 80,1% ptaków odżywia się krylem, czyli skorupiakami, a tylko 0,1% to zdecydowane ichtiofagi. Razem z ptakami wszystkożernymi ryby redukuje tylko 6% ptaków. Warto by zbadać konsumpcję tych ptaków, by otrzymać dowód na rolę ptaków w redukcji ryb.

Dzięki tym pracom uzyskaliśmy wstępną informację na temat roli ptaków na otwartych morzach Antarktyki w różnych porach roku. Stanowią one wskazówkę, że przy opracowaniach modelowych nie można posługiwać się danymi uzyskanymi z jednej pory roku. Powtórzenie tego rodzaju obserwacji mogłoby stanowić monitoring następstw ludzkiej działalności (rybactwa, wielorybnictwa, zanieczyszczeń mórz itp.) na oceanie. Należałoby tylko wymóc na organizatorach program ulepszania metod obserwacji (patrz [27]).

Należy żałować, że takich badań nie prowadzi się w różnych szerokościach geograficznych. Mogłyby się ujawnić interesujące różnice między pojemnością środowisk mórz arktycznych czy antarktycznych, a subtropikalnych i tropikalnych.

5. EKOFIZJOLOGICZNE WŁAŚCIWOŚCI PTAKÓW POLARNYCH

O ile poprzednie problemy współgrały ze sobą, to wyodrębniony z autekologii problem fizjologicznych przystosowań do środowiska polarnego jest tematem samym w sobie i trudno byłoby go wykorzystywać w opracowa-

niach systemowych. Inspiracją badań jest surowy klimat. Stąd też bioenergetyczne prace koncentrują się głównie na przystosowaniach piskląt pingwinów i traczyków lodowych do polarnych warunków termicznych i na ontogenezie termoregulacji. Pingwiny opracowali Myrcha i Kamiński [28] oraz Taylor [29, 30], a dane o traczykach lodowych przygotowują do druku Marszałek [31] i Taylor. Interesujące są też przystosowania hematologiczne, i to zarówno w rozwoju postembrionalnym, jak i w dalszym rozwoju ontogenetycznym pingwinów [32, 33].

Wymieniona wyżej praca o rytmie dobowym wysiadywania i karmienia piskląt traczyka lodowego pomimo trwania dnia polarnego [16] też ma swój aspekt fizjologiczny, gdyż częściowo dotyczy zegara biologicznego badanego gatunku.

Ekofizjologiczne prace mają dużą wartość poznawczą. Ekologowie teoretyczni wskazują, jakie bariery musi pokonać gatunek, by zająć niszę ekologiczną w środowisku o skrajnych warunkach. Fizjologom mówią o plastyczności ptaków, a ewolucjonistom — jak każde obserwacje gatunków w skrajnie trudnych warunkach — rzucają światło na mechanizmy ewolucji.

Prognozując dalsze ekologiczne badania polarne na ptakach należy zwracać uwagę na to, by jednoczyła je perspektywa systemowego ujęcia wyników. Dzięki temu prace wykonane nawet skromnymi siłami mogą wejść do trwałego dorobku wiedzy ekologicznej. Należy też pamiętać, że minusem dotychczasowych badań, szczególnie na Spitsbergenie, był zbyt krótki okres, a przez to zbyt słaba kontrola powtarzalności wyników. Prace winny być prowadzone przez minimum trzy sezony. Dla uzyskania danych porównawczych, czy to w czasie, czy w różnych rejonach, w pracach ilościowych należy posługiwać się precyzyjnymi, zawsze tymi samymi metodami.

W obecnej sytuacji finansowej warto też pamiętać o tym, że Arktyka leży znacznie bliżej niż Antarktyka, a do tego wiąże ją z Polską przeszłość geologiczna.

LITERATURA

1. Rakusa-Suszczewski S. — *Polskie wyprawy antarktyczne*. Problemy 7: 5-10, 1986.
2. Strawiński S. — *Z problematyki ekologicznych badań polarnych w Arktyce*. V Sympozjum Polarne 1: 34-43, 1978.
3. Trojan P. — *Prognoza rozwoju ekologii do roku 2000 i na dalsze lata*. Kosmos 3: 455-461, 1985.
4. Klekowski R., Opaliński K. — *Przepływ materii i energii w tundrze Spitsbergenu*. Wiad. Ekol. 30, 2: 143-166, 1984.
5. Ferens B. — *Badania ornitologiczne na Spitsbergenie*. Problemy 7, 1958.
6. Ferens B. — *Birds notes from Spitsbergen summer 1957*. W: Proc. XII Int. Ornith. Congress Helsinki 1958, 209-212, 1960.
7. Strawiński S. — *Ekologiczne problemy badań awifauny mórz*. Wiad. Ekol. (w druku).
8. Starck W. — *Seabird observation in the region of the South Shetland Islands and South Orkney Islands in December 1983-January 1984*. Pol. Polar Res. 6; 3-4, 1985.

9. Jakubiec Z. — *Badania ilościowe nad awifauną tundry w rejonie Hornsundu. Materiały z Sympozjum Spitsbergeńskiego* Wrocław, 97-100, 1975.
10. Birkenmajer K. — *Zagrożenie środowiska przyrodniczego Arktyki*. Wszechświat 12: 309-311, 1973.
11. Starck W. — *The avifauna of Haswell Island (East Antarctica) in summer of 1978/79*. Pol. Polar Res. 2-3: 183-196, 1980.
12. Jabłoński B. — *Distribution, numbers and breeding preferences of penguins in the region of the Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands) in the breeding season 1979/1980*. Pol. Polar. Res. 1-2: 5-16, 1984 a.
13. Jabłoński B. — *Distribution, numbers and breeding preferences of penguins in the region of King George Island (South Shetland Islands) in the breeding season 1980/81*. Pol. Polar Res. 1-2: 17-30, 1984b.
14. Stempniewicz L. — *Breeding biology of the Little Auk *Plautus alle* L. in Hornsund area, Spitsbergen*. Acta Ornith. 18: 141-165, 1981.
15. Stempniewicz L. — *Factors causing changes in the rhythm of attendance of the Little Auks at the colony during the breeding season in Svalbard*. Ekol. Pol. 3-4: 247-263, 1986.
16. Stempniewicz L., Jezierski J. — *Incubation shifts and chick feeding rate in the Little Auk *Alle alle* in Svalbard*. Ornith. Scandinavica 18:2, 152-155, 1987.
17. Michno B. — *Preliminary informations about breeding biology of *Larus hyperboreus* Gunn. in Hornsundfiord area*. W: *The results of Spitsbergen Oceanographical expedition to Hornsund*. Part I, Gdańsk, 14, 1981.
18. Dunin-Kwinta I., Różycki Ol., Józwiak Z. — *Numbers and some feeding aspects of Glaucous Gull in NW Hornsund (Svalbard) in summer 1980*. Sympozjum „Spitsbergen '84”, 35, 1984.
19. Moczydłowski E. — *Microclimate of the nest-sites of pygoscelid penguins (Admiralty Bay, South Shetland Islands)*. Pol. Polar Res. 7: 377-394, 1986.
20. Birkenmajer K. — *Obserwacje nad mewą modroziobą, *Pagophila eburnea* (Phipps) w południowej części zachodniego Spitsbergenu*. Acta Ornith. 13: 461-476, 1969.
21. Tatur A., Myrcha A. — *Ornitogenic soils on King George Island (South Shetland Islands, Maritime Arctic Zone)*. Pol. Polar Res. 1-2: 31-61, 1984.
22. Stempniewicz L., Węśławski J. M. — *Outline of trophic relations in Hornsund, SW Spitsbergen (with particular reference to seabirds)*. Ossolineum (w druku a).
23. Krzeszowska A. — *Chemistry of the freshwater of the Fugleberget drainage basin*. Pol. Polar. Res. 6: 341-347, 1985.
24. Stempniewicz L., Węśławski J. M. — *Outline of trophic relations in Hornsund*. W: Klekowski R. (red.). *Man and landscape in Arctic*. (w druku b).
25. Starck W., Wyrzykowski R. — *Seabird observation in the Southern Drake Passage and the Bransfield Strait (BIOMASS/FIBEX programme) in February-March 1981*. Pol. Polar Res. 3-4: 313-332, 1982.
26. Starck W. — *Pelagiczne rozmieszczenie ptaków morskich oraz ich rola jako konsumentów w rejonie Południowych Szetlandów*. Rozprawa doktorska (w przygotowaniu).
27. Strawiński S. — *Problemy obserwacji ptaków na morzu*. Not. Orn. 3-4: 215-219, 1985.
28. Myrcha A., Kamiński P. — *Changes in body caloric values during nestling development of penguins of the genus *Pygoscelis**. Pol. Polar Res. 12: 81-88, 1982.
29. Taylor J. R. E. — *Ontogeny of thermoregulation and energy metabolism in pygoscelid penguin chicks*. J. Comp. Physiol. B, 155: 615-627, 1985.
30. Taylor J. R. E. — *Thermal insulation of the down and feathers of pygoscelid penguin chicks and the unique properties of penguin feathers*. (w druku).

31. Marszałek J. — *Energetyka rozwoju piskląt trzczyka lodowego Plautus alle (L.)*. Katedra Ekologii i Zoologii Kręgowców UG, Gdynia, ss. 41 (pr. mgr.).
32. Myrcha A., Kostelecka-Myrcha A. — *Hematological studies on Antarctic birds. I. Hematological indices in some species of the birds studies during australian summer*. Pol. Polar Res. 1: 169-173. 1980.
33. Kostelecka-Myrcha A., Myrcha A. — *Hematological studies on Antarctic birds. II. Change of the hematological indices during the development of the pygoscelid penguins*. Pol. Polar Res. 1: 175-181, 1980.

TADEUSZ KALETA

Instytut Hodowli Zwierząt
i Technologii i Produkcji Zwierzęcej
SGGW-AR, WarszawaKILKA UWAG DOTYCZĄCYCH SPOŁECZEŃSTWA I KULTURY
W ŚWIECIE ZWIERZĄT

ANTROPOCENTRYZM I ETOLOGIA

Rozgłos, gorące dyskusje i spory towarzyszące powstaniu socjobiologii raz jeszcze udowodniły, że w dalszym ciągu istnieją poważne trudności w recepcji wszelkich teorii unifikujących świat człowieka z naturą. Nie próbując dyskutować o zasadności teorii socjobiologicznej, nie sposób się jednak oprzeć refleksji, że u źródeł nieporozumień i trudności tego typu leży ukryte i prawdopodobnie nie w pełni uświadomione antropocentryczne uprzedzenie. W pełnej formie eksponowane przez renesansowy humanizm, wyrażało się ono w głoszeniu poglądu o zupełnej wyjątkowości człowieka, jego biologicznych (szczególnie mentalnych) dyspozycji oraz społecznych i kulturowych wytworów. Co prawda od czasów Kopernika — jak powiedział Nietzsche — nastąpiło stoczenie się człowieka po równi pochyłej (tzn. rozwijające się kosmologia i biologia przywróciły jego pozycję w świecie właściwe proporcje), ale stanowisko antropocentryczne przetrwało. Czasem w formie utrwalonego stereotypu, często — jako konsekwencja światopoglądowych założeń. Przetrwało, gdyż wciąż jeszcze toczą się dyskusje na temat granic między światem ludzkim i światem natury, choć oczywiście na innych pozycjach teoretycznych niż sto lat temu.

Dyskusje te dotyczą nie tylko starych kontrowersji wokół dystansu międzygatunkowego, czyli określenia granicy między człowiekiem a najbliższymi mu gatunkami ze świata zwierzęcego, ale także problemu współmierności tworów świata ludzkiego i zwierzęcego: społeczeństwa i kultury.

Problem szeroko pojętej kultury był zawsze terenem namiętnych sporów między badaczami o orientacji przyrodniczej i humanistycznej. Chodziło o to, czy ta sfera działań jest domeną człowieka, produktem jego „ducha”, a zatem czymś całkowicie odmiennym od świata natury. Dawniej odpowiadano na ogół twierdząc na to pytanie, co więcej, naturę traktowano jako coś gorszego, „zwierzęcego”, jako siedlisko instynktów, które człowiek przezwyciężył wnosząc się do kultury. „Cywilizacja w każdym ze swych aspektów jest walką ze zwierzęcymi instynktami” — pisał XIX-wieczny myśliciel J. S. Mill [1]. W tej wersji wszystkie zmiany w zachowaniu człowieka są zmianami kulturowymi, kultura jest też całkowicie autonomiczna wobec biologii (natury). Oceniając pozycję człowieka wobec świata zwierzęcego obowiązywał więc paradygmat analizowania według opozycji „natura-kultura”.

Jak postaram się dalej wykazać, dużą zasługę w zakwestionowaniu powyższego podejścia ma etologia, nauka o biologii zachowania. Szczegółowe

i systematyczne obserwacje behawioru różnych gatunków zwierząt ujawniły zasadnicze podobieństwa o charakterze morfologicznym i funkcjonalnym różnych typów zachowań u spokrewnionych gatunków. Analizowane w ten sposób, porównawczo, zachowanie człowieka pozwoliło na sformułowanie wniosku o jego wzajemnym podobieństwie z behawiorem zwierzęcym: nie tylko człowiek przypomina zwierzę, lecz także w świecie tych ostatnich odnaleźć można elementy aktywności uważanej za wyłącznie i jedynie ludzką.

WOKÓŁ DYSTANSU MIĘDZYGATUNKOWEGO

Etologia wnosi więc konstruktywny wkład do problemu możliwości określenia granicy między człowiekiem a światem zwierzęcym, pokazując, że granice te są mniejsze niż można się było spodziewać. Jakie fakty za tym przemawiają, ukazane zostanie później. Teraz chciałbym poświęcić nieco miejsca na krótkie, krytyczne omówienie konwencjonalnej metody oceny dystansu międzygatunkowego. Metoda ta, milcząco opierając się na założeniu opozycyjności natury wobec kultury, próbuje poszukiwać jakiś sztywnych linii podziału, biorąc, przede wszystkim pod uwagę budowę mózgu. Problem ten ma ogromną literaturę, wypada więc tylko krótko wspomnieć, że różnice między wieloma wskaźnikami pomiarowymi mózgu człowieka i małp człekokształtnych są znaczne. Wymieniając tylko niektóre, np. przeciętny mózg ludzki ma objętość ok. 1400 cm^3 , podczas gdy szympansa — ok. 400, a goryla — 500 cm^3 [2]. Ilość dodatkowych neuronów u prymatów waha się w granicach $3,4\text{--}3,6 \times 10^7$, podczas gdy u ludzi — $8,4\text{--}8,9 \times 10^7$ [3]. Na podstawie podobnych badań porównawczych, uwzględniających także niektóre ogniwa pośrednie między człowiekiem i prymatami, próbowano ściśle określić granicę między mózgiem ludzkim i zwierzęcym. Biorąc po uwagę jego objętość, granica ta miałaby wynosić, zdaniem jednego z badaczy, 750 cm^3 [4].

W miarę jednak odkrywania coraz to nowych, mniej lub lepiej zachowanych szczątków wciąż nowych form praczłowieka, problem ustalenia dystansu między *Homo sapiens* a współczesnymi mu prymatami uległ znacznej komplikacji. Okazało się bowiem że można zrekonstruować nie tylko (wciąż zresztą uzupełnianą) listę ogniw pośrednich, ale także ich osiągnięcia w zakresie kultury materialnej. Uwidoczniło się wówczas, że wskaźniki pomiaru mózgu nie są wystarczającym kryterium dla określenia granicy między człowiekiem a małpami człekokształtnymi. Tak np. objętość mózgu przodków człowieka, żyjących dwa miliony lat temu, wahała się w granicach $435\text{--}680 \text{ cm}^3$, a zatem, według powyższej klasyfikacji byłby to mózg zwierzęcy. Wnioskowi temu przeczą typowo ludzkie osiągnięcia kulturowe owego praczłowieka, obejmujące działania takie jak budowa siedlisk mieszkalnych, zbiorowe polowania, wyprawianie skór, tworzenie narzędzi itd. [5]. Także ujawnione przez etologów mentalne zdolności prymatów do porozumiewania się abstrakcyjnym językiem, tworzenia narzędzi itp., zdają się przeczyć istnieniu „mózgowego Rubikonu”.

Wszystkie te fakty skłaniają do wniosku, że usytuowanie granicy człowieczeństwa w tym, czy innym ogniwie pośrednim, opierając się jedynie na

wynikach pomiaru mózgu, jest rzeczą niezwykle trudną. Dodatkową, choć intrygującą komplikacją w tym względzie było ustalenie, że różnica między genotypem człowieka i szampansa jest mniejsza niż 1% [6]. Sugeruje to konieczność przeprowadzenia szczegółowych, porównawczych badań biochemicznych raczej, dla określenia dystansu międzygatunkowego.

Poważnym źródłem informacji dotyczących tego dystansu pozostają badania z etologii. Obserwacje homologii określonych zachowań u różnych gatunków przyczynić się bowiem mogą do pełniejszej rekonstrukcji filogenezy i tworzenia precyzyjniejszej taksonomii. Właśnie takie porównawcze studia nad człowiekiem i prymatami, szczególnie dotyczące komunikacji niewerbalnej, przyczyniły się do powstania wielu interesujących hipotez, dotyczących ewolucji człowieka [7]. W świetle tych badań międzygatunkowy dystans ztraca swój jakościowy charakter, wiele bowiem form aktywności typowo ludzkiej ma swe odpowiedniki w świecie zwierzęcym. Znany etolog J. Thorpe uważa np., że nawet tak specyficznie ludzkie i subtelne przejawy aktywności psychicznej jak sztuka i posługiwanie się w myśleniu liczbami można odnaleźć wśród zwierząt, choć oczywiście w embrionalnej formie [8]. Inny badacz — P. C. Reynolds utrzymuje, że zjawisko wymiany obiektów u ludzi wywodzi się z altruistycznego zachowania pielęgnacyjnego u prymatów. Zachowania te mają zbliżoną morfologię i w obu wypadkach wykazują związek z kontekstem socjalnym: rangą społeczną, rodziną, pokrewieństwem itp. [9].

Zauważmy, że wszystkie takie teorie porównawcze, nawiązujące do problemu komunikacji, muszą nawiązywać do społecznego kontekstu, a zatem konieczna jest gruntowna wiedza o życiu socjalnym określonych gatunków. Wiadomo, że kultura nie może istnieć bez społeczeństwa. Trzeba wobec tego zadać pytanie, w jaki sposób wiedza o życiu socjalnym ssaków może przyczynić się do dyskusji postawionych przez autora problemów.

OBRAZY SPOŁECZEŃSTW ZWIERZĘCYCH

Niedostatek informacji dotyczących życia określonego gatunku w różnych warunkach środowiskowych był zapewne główną przyczyną faktu, że nie dostrzegano zmienności socjalnej. W przypadku wielu zwierząt dominowała więc w opisie ich życia socjalnego tendencja do przedstawienia permanentnych bądź okresowych, lecz stabilnych struktur, gdzie poszczególni członkowie sprawowali rozmaite funkcje wg kryteriów wieku, płci itd. Przesunięcia w hierarchii społecznej były oczywiście możliwe, lecz kształt struktury pozostawał niezmienny i określony dla danego gatunku. Obserwowany w ostatnich latach znaczny wzrost liczby obserwacji polowych i doskonalenie ich techniki doprowadziły do modyfikacji tego poglądu. Wykazano mianowicie istnienie znacznej zmienności zachowań socjalnych u wielu gatunków w różnych warunkach środowiska. Zróznicowanie to może dotyczyć np. liczebności i stopnia dyspersji grupy, kształtu struktury socjalnej, a także strategii indywidualnych.

Sledząc te procesy, skoncentruję się na życiu socjalnym ssaków wyższych: drapieżników i prymatów, zaczynając od afrykańskich małp wąskonosych — pawianów. Gatunki rodzaju *Papio* są ze sobą ściśle spokrewnione i nie-

k którzy badacze jedynie pawiana płaszczowego uważają za odbiegającą od innych formę [10]. Już pionier polowych obserwacji behawioru małp, E. Marais zaobserwował, że pawiany czakma (*Papio ursinus*) mogą żyć zarówno na sawannach, terenach półpustynnych, jak i na obszarach zalesionych, gdzie prowadzą życie nadrzewne [11]. Skłonność do penetracji rozmaitych środowisk wykazują także inne gatunki tych małp i w związku z tym zaobserwować można zmienność ich społecznych zachowań. Pawiany płaszczowe np. tworzą na sawannach duże i złożone grupy, zdolne do obrony przed największymi nawet drapieżnikami. Na terenach suchych i bogich w pokarm następuje jednak rozpad stada na małe grupy haremowe, które przeczesują teren w poszukiwaniu pożywienia [12]. Charakterystyczna dla pawiana babuina koncentryczna struktura stada, ulega zmianie na terenach silnie zadrzewionych. Na niebezpieczeństwo reagują tam małpy raczej unikiem niż obroną [13]. Czynniki decydującymi o modyfikacji lub zmianie strategii socjalnej są tu — jak się zdaje — warunki pokarmowe określonego środowiska (bogactwo i rozmieszczenie) oraz presja drapieżników (ich liczebność i możliwość schronienia się przed nimi).

Plastyczność zachowań socjalnych u pawianów wykazał w swych eksperymentach Kummer [14]. Przesiedlił on kilka samic pawiana babuina do stada pawianów płaszczowych. W przeciwieństwie do tych ostatnich, struktura społeczna babuinów (*Papio cynocephalus*) zezwala samicom poza okresem rui na swobodne poruszanie się w grupie i kontakt z wieloma osobnikami. W cytowanych badaniach, już po kilku godzinach przebywania w grupach haremowych pawianów płaszczowych, samice babuinów nauczyły się właściwego zachowania, tj. nie oddalać się od samców. Plastyczność tej przypisać również można obserwowane fakty wymiany dorosłych samców między grupami pawianów bez oznak związku z walką o dominację [13]. Zmiany zachowań socjalnych obserwować można także u innych niż prymaty grup zwierząt, np. drapieżników z rodziny psowatych. Przedstawiciele należących do niej gatunków, tacy jak lis pospolity, wilk czy szkał złocisty żyć mogą także w bardzo zróżnicowanych warunkach środowiskowych. Lis pospolity określany był do niedawna jako gatunek słabo socjalny, tworzący okresowo grupę rodzinną, a poza tym żyjący pojedynczo na określonym terytorium [15]. Nowsze badania wykazały jednak, że przy określonych warunkach zdobywania pokarmu na danym obszarze, zwierzęta te łączą się w grupy o trwałej więzi socjalnej, o charakterze haremowym. Oprócz samicy, samca i szczeniąt tworzą je młode osobniki z poprzedniego miotu, określane w literaturze jako „pomocnicy” (u lisów pospolitych są to samice). Te dodatkowe osobniki nie dają miotów (nie wykazują zresztą nawet objawów rui), ich zadanie polega natomiast na pomocy w zdobywaniu pokarmu i odchowcie szczeniąt [16]. Korzyść z zastosowania tej strategii socjalnej polega z jednej strony na zwiększeniu szansy przetrwania miotu, z drugiej — umożliwia pomocnikom swoisty trening w zakresie zachowań matczynych, przydatny po opuszczeniu przez nie macierzystej grupy rodzicielskiej. Warto zauważyć, że występuje tutaj interakcja mechanizmów życia socjalnego i fizjologicznych, o czym świadczy fakt blokowania rui u pomocnic.

Fenomen zwierząt pomocniczych w grupie stwierdzony został także u niektórych innych drapieżników: szakali, likaonów i pewnych gatunków z rodziny łaszkowatych [17, 18, 19]. Jak wielkie znaczenie mają pomocnicy dla przeżywalności miotu, a tym samym zachowania gatunku, mogą świadczyć obserwacje P. Moehlman, że u szakali czaprakowych (*Canis mesomelas*) sami rodzice mogą odchowić jedno tylko szczenię, przeżycie każdego następnego wymaga natomiast obecności w grupie jednego osobnika pomocniczego [17].

Obok strategii gatunkowych duże znaczenie ma również plastyczność zachowań indywidualnych przy formowaniu i zmianie hierarchii socjalnej oraz rywalizacji o samice. „Sojusze” niższych w hierarchii samców przeciw dominantowi są znane zarówno u wilków jak i szympanów [20]. Różny charakter może mieć kontrola rozrodu w grupie, sprawowana przez osobniki dominujące. Ma ona na celu ograniczenie liczby miotów praktycznie do pary osobników stojących na czele hierarchii i ma znaczenie u psowatych takich, jak wilki czy likaony. Zaoberwowano, że u wilków zapobieganiu niepożądanym kojarzeniom towarzyszy inne zachowanie ze strony samca i samicy. Dominująca wilczyca często atakuje podporządkowane samice w okresie rui, podczas gdy samiec ogranicza się głównie do grożenia [20]. Inne badania wykazały, że dla tej kontroli manifestowanie dominacji może nie być potrzebne: u młodszych wilków sama obecność starszych i stojących na czele hierarchii powoduje, podobnie jak u lisów, zablokowanie mechanizmów fizjologicznych, związanych z rozplodem [21]. Jeżeli mimo wszystko te mechanizmy kontrolne zawodzą i w grupie pojawi się na raz kilka miotów, regulacja odbywa się bardziej drastycznymi środkami. U likaonów np. może dojść w tej sytuacji do odmowy dostarczania pokarmu samicom, lub nawet niszczenia miotów [18]. Także osobniki podporządkowane, słabsze, mogą przystosować się do życia w określonej hierarchii socjalnej poprzez stosowanie zróżnicowanych strategii. Ukazywanie uległości poprzez przyjmowanie postawy submisji jest najczęściej chyba spotykanym sposobem samoobrony. Inną ciekawą formę zachowania tego typu zaobserwowano u podporządkowanej w hierarchii wilczycy, która w pewnym momencie zaczęła opiekować się miotem dominantki [20]. U niektórych gatunków osobniki podległe emigrują z grupy. Wieloletnie obserwacje likaonów w Parku Narodowym Serengeti ujawniły, że u tego gatunku istnieje kilka alternatywnych sposobów zmiany liczebności i struktury grupy. Młode są przyjmowane w charakterze pomocników, może nastąpić emigracja ich lub osobników dorosłych, w skrajnym przypadku następuje rozbięcie stada na dwie odrębne grupy. Zmiany te są z jednej strony wyrazem przyjmowania nowych strategii socjalnych gatunków, z drugiej — formą przystosowań indywidualnych. Świadczyć o tym może fakt, iż w cytowanych badaniach emigrowały najczęściej osobniki podporządkowane i tej samej płci co osobnik dominujący (w przypadku młodych — dominujący osobnik rodzicielski, w przypadku dorosłych — osobnik z rdzeństwa) [18].

Występująca u wspomnianych wyżej gatunków zmienność zachowań socjalnych umożliwia życie w rozmaitych warunkach środowiskowych i zwiększa szansę przeżycia osobników słabszych. Rozpatrując jednak adaptacyjne profity,

płynące z zastosowania określonej strategii, można postawić pytanie o podstawowe znaczenie samej więzi socjalnej w świecie zwierząt.

B. Latane' po serii badań nad laboratoryjnym szczurem wykazał, że skłonności do filiacji u tego ssaka nie można interpretować inaczej, jak osiąganiem satysfakcji, czy komfortu psychicznego, płynącego z obecności w najbliższym otoczeniu innych osobników. Społecznego przyciągania nie powodowały bowiem w tym przypadku ani właściwości wizualne czy zapachowe poszczególnych osobników, ani też satysfakcja płynąca z dotyku [22]. Występuje tu więc określona potrzeba psychiczna więzi socjalnej, którą zwierzę zaspokaja poprzez przebywanie w grupie. Jak przyznaje słusznie autor cytowanych badań, generalizowanie wyników doświadczeń przeprowadzanych na dość nietypowym materiale, jakim jest szczur laboratoryjny (ma on w dużym stopniu zredukowaną agresywność w porównaniu z formą dziką) byłoby zabiegiem przedwczesnym. Z drugiej strony nie można też od razu odrzucić możliwości roli jaką opisana wyżej czysta skłonność do filiacji odegrała w ewolucji życia socjalnego. Istnieją mocne podstawy by sądzić, że więź macierzyńska u zwierząt ma charakter podstawowy i nie jest tylko wtórnym produktem mechanizmów fizjologicznych [23]. Ogólnie rzecz biorąc, tendencje do filiacji w świecie zwierzęcym mogłyby być też, przynajmniej częściowo, tłumaczone występowaniem nieredukowalnej do niczego „potrzeby socjalizacji”. Potrzeby, która w szczególny sposób dochodzi do głosu u najwyżej rozwiniętego ssaka — człowieka.

JĘZYK, NARZĘDZIA, TRADYCJA

Jak wspomniano wyżej, duża część badań porównawczych w etologii, dotyczących dystansu między człowiekiem a prymatami traktuje o problemie komunikacji. Na ich podstawie rekonstruuje się wiele ewolucyjnych linii różnych typów zachowania, związanych z porozumiewaniem się. Tak np. śmiech ludzki wykazuje podobieństwo do typów ekspresji twarzy u szympanów, manifestujących zablokowanie gryzienia i ucieczki [9]. Pewne fazy behawioru seksualnego, pełniące w grupie funkcje sygnałów socjalnych, w bardzo zbliżonej formie zaobserwowane zostały u ludzi i innych naczelnych [24]. Podobieństw tych w zakresie komunikacji niewerbalnej, czy inaczej „języka ciała” można by znaleźć znacznie więcej. Zagadnieniom tym poświęcona jest zresztą obszerna literatura i istnieją tu liczne kontrowersje, na omówienie których nie ma tu miejsca. Warto jednak dodać, że istnieją także inne, równie intrygujące zbieżności między człowiekiem a prymatami, jeśli chodzi o problem porozumiewania się. Opierając się na analizie komunikacji werbalnej w społeczeństwie makaków, postawiono w ostatnich latach hipotezę o istnieniu przekazu semantycznego u tych zwierząt [25]. Wyniki badań wskazują bowiem, że obserwowane małpy są w stanie wzajemnie przekazywać sobie informacje, dotyczące rozmieszczenia pokarmu w środowisku. Trzeba dodać, że podobne sugestie co do komunikacji u wilków przynosi książka Mowata [26]. Biorąc jednak pod uwagę poważne niedostatki metodyczne jego obserwacji, trzeba wnioski tego autora traktować bardzo ostrożnie.

Tak, czy inaczej, ostateczne potwierdzenie występowania przekazu semantycznego w świecie zwierząt byłoby faktem o ogromnym znaczeniu. Dobrze znana jest przecież rola, jaką ta forma porozumiewania się odegrała w ewolucji umysłowej i kulturowej człowieka. Istniejąc więc w rudymen tarnej formie i tylko u niektórych gatunków w świecie zwierzęcym, byłaby kolejnym mocnym dowodem na rzecz bezzasadności stanowiska antropocentrycznego. Podobnie jak w przypadku zachowań socjalnych, przekazywanie sygnałów werbalnych może nie mieć charakteru sztywnego i niezmiennego w świecie zwierzęcym. Te same znaczeniowo sygnały mogą brzmieć różnie u poszczególnych populacji tego samego gatunku, powstają zatem swoiste „dialekty terytorialne”. Zjawisko to zaobserwowano u małp japońskich, które żyjąc na trzech różnych wyspach w tej samej sytuacji wydawały różne dźwięki, będące modyfikacjami tego samego tematu [27].

W tradycyjnym ujęciu ewolucji człowieka, oprócz powstania mowy, zdarzeniem o przełomowym znaczeniu było rozpoczęcie posługiwania się narzędziami. Dziś ten rodzaj zachowania stwierdzono u około dziesięciu gatunków ssaków i ptaków, choć, jak się zdaje, jedynie prymaty zdolne są do preparowania narzędzi [28]. Także tylko u szympan sów stwierdzono, że posługiwanie się przedmiotami służy nie tylko do zdobywania pokarmu, ale również w celach obronnych. Wielokrotnie zaobserwowano u tych małp próby rzucania w kierunku innych osobników, a nawet drapieżników, różnymi obiektami, jak kamienie, patyki czy garść liści. Nieudolność i nieskuteczność tych działań wskazuje, że posługiwanie się narzędziami w defensywie jest wtórne w porównaniu ze skutecznymi manipulacjami, zmierzającymi do zdobycia pokarmu [28]. Komentując fakt istnienia plastyczności tego zachowania, cytowany już poprzednio Reynolds twierdzi, że można wykazać filogenetyczną progresję w zdolności włączania manipulacji różnymi obiektami do ogólnego repertuaru behawioru. Dystans między człowiekiem a innymi naczelnymi polegałby na tym, że ludzie w znacznym stopniu wypracowali sprawność w posługiwaniu się obiektami, szczególnie w celu produkcji innych obiektów [9].

Zarówno typ komunikacji werbalnej, jak i posługiwanie się określonymi narzędziami mogą być w świecie zwierzęcym składnikami tradycji. Można ją zdefiniować w tym przypadku, jako swoiste dla pewnych warunków środowiskowych sposoby zachowania danego gatunku, przekazywane z pokolenia na pokolenie poprzez naukę młodych zwierząt. Wśród ssaków tradycja obejmuje tak proste sekwencje behawioru, jak i bardziej wyrafinowane, takie właśnie, jak posługiwanie się narzędziami u naczelnych. W lasach Afryki zaobserwowano np. posługiwanie się przez szympan sy specjalnie przygotowanymi, długimi kijami do sondowania termitier. Tam, gdzie nie występował określony gatunek termitów, spożywany przez małpy, nie stwierdzono również tego typu zachowań i narzędzi [29]. Także defensywno-odstraszający behawior szympan sów, związany z posługiwaniem się przedmiotami, obserwowany był raczej na terenach sawanny. Terytoria leśne sprzyjają raczej ucieczce, jako bardziej efektywnej strategii obronnej w momencie zagrożenia, aniżeli użyciu narzędzi [10]. Generalnie rzecz biorąc, przypuszcza się, że poszczególne populacje szympan sów rozwinęły wiele takich lokalnych tradycji

posługiwania się narzędziami; większą ich liczbę mogą ujawnić dalsze dokładne obserwacje polowe [28].

U PROGU KULTURY

O tym, że antropologia i socjobiologia nie wypracowały zadawalającej definicji kultury przekonuje choćby obszerna praca Kroebera i Kluckhohna [30]. Autorzy ci sklasyfikowali aż sto sześćdziesiąt znanych z literatury definicji, grupując je jako opisowe, historyczne, psychologiczne itd. Wydaje się jednak, że dla wszystkich kultur odnaleźć można pewne wspólne czynniki sprawcze, jak struktura społeczna o odpowiednim stopniu złożoności, związany z tym sposób komunikacji, czy też przekazywanie kulturowych osiągnięć z pokolenia na pokolenie.

Jak próbowano pokazać wyżej, właśnie z takimi czynnikami mamy do czynienia w świecie zwierzęcym, jak się zdaje w stopniu wystarczającym, by kreowały one swoiste kultury, czy raczej protokultury. Wiele gatunków ssaków wykazuje plastyczność zachowań socjalnych, spontanicznie tworzy nowe struktury, mające znaczenie adaptacyjne. Już u psowatych różnorodność strategii tak gatunkowych, jak i indywidualnych, regulujących wielkość i spoistość grupy jest zdumiewająca. Pełne niuansów, a czasem nawet wyrafinowania, życie społeczne naczelnych może stymulować powstawanie w formie elementarnej, produktów typowych dla kultury ludzkiej: narzędzi i języka. Prymaty wykazują też prawdopodobnie skłonność do tworzenia lokalnych tradycji, wykazywania tych i innych form zachowań. Spostrzeżenia te skłaniają do wniosku, że tradycyjne traktowanie kultury w opozycji względem natury jest niewłaściwe. To raczej kultura wyłoniła się z natury — zachowania kulturowe człowieka bowiem to, jak można przypuszczać, w dużym stopniu rozwinięte i zmodyfikowane elementy behawioru socjalnego prymatów, a pośrednio i niższych grup ssaków. Zagadnienie ewolucji kultury ma mocny związek z problemem dystansu międzygatunkowego w relacji człowiek-świat zwierzęcy. Jak wykazano poprzednio, dotychczasowe próby określenia tego dystansu jako ściśle określonej linii zakończyły się niepowodzeniem. Było to w dużej mierze zasługą etologii, której badania porównawcze behawioru zakwestionowały wiele tradycyjnych, ludzkich pretensji do wyjątkowości. Podobnie też twierdzenie o kulturze, jako wyłącznej domenie „ducha” człowieka zostało podważone przez wyłaniający się obraz ewoluujących społeczeństw zwierzęcych. Wątpliwości musi bowiem budzić fakt kwalifikowania do sfery „natury” bez większych różnic zarówno sztywno sterowanych genetycznymi programami społeczeństw owadów, jak i odznaczających się populacyjnym zróżnicowaniem behawioru, będących u progu typowo ludzkiej kultury, społeczności naczelnych. Właśnie obserwowane u tych ostatnich wykazywanie znacznej inwencji w manipulowaniu czynnikami środowiska zewnętrznego (socjalnego i przedmiotowego) prawdopodobnie w dużej mierze uczyniły możliwą ewolucję kulturową rodziny *Hominidae*. Rozważając zatem problem delimitacji kultury ludzkiej należałoby

zapewne albo zrezygnować z wykreślania ostrych granic, albo na nowo zdefiniować pojęcia kultury ludzkiej i zwierzęcej, opierając się na gruncie nauk biologicznych, w tym szczególnie — etologii. Trudności te rozumiał angielski filozof Alfred Whitehead, który czterdzieści lat temu pisał: „Odmienność człowieka i zwierząt jest w pewnym sensie tylko różnicą stopnia. Lecz rozciągłość owego stopnia czyni całą różnicę. Rubikon został przekroczony” [18].

LITERATURA

1. Mill J. S. — *Principles of political economy with some of their applications to social philosophy*. Vol. 3, Routledge and Keegan Paul, London, 1965.
2. Wilson P. J. — *Man, the promising primate. The conditions of human evolution*. Yale University Press, New Haven and London, 1980.
3. Clegg E. J. — *The study of man. An introduction to human biology*. Hodder and Stoughton, London, Sydney, Auckland, Toronto, 1978.
4. Keith A. — *A new theory of human evolution*. Watts, London, 1948.
5. Fox R. — *Encounter with anthropology*. Penguin Books, Harmondsworth, 1984.
6. Patterson C. — *Evolution*. University of Queensland Press, Sydney and London, 1978.
7. Morris D. (red.) — *Primate ethology*. Weidenfeld Nicholson, London, 1967.
8. Thorpe W. H. — *Animal nature and human nature*. Methuen, London, 1974.
9. Reynolds P. C. — *On evolution of human behaviour. The argument from animals to man*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London, 1981.
10. Berger G. — *Monkeys and apes*. Edition Leipzig, Leipzig, 1985.
11. Marais E. — *The soul of the ape*. Penguin Books, Harmondsworth, 1984.
12. Manning A. — *Wstęp do etologii zwierząt*. PWN, Warszawa, 1976.
13. Rowell T. — *Long-term changes in a population of Ungandan baboons*. *Folia Primat.* 11: 241-254, 1969.
14. Kummer H. — *Two variations in the social organization of baboons*. W: *Primates — studies in adaptation and variability*. Holt, Rinehart and Winston, New York and London, ss. 293-312, 1968.
15. Fox M. W. — *Evolution of social behaviour in canids*. W: *The wild canids*. van Nostrand Rheingold Company, New York, ss. 429-460, 1975.
16. Macdonald D. — *Helpers in fox society*. *Nature* 282: 69-71, 1979.
17. Moehlman P. — *Jackal helpers and pup survival*. *Nature* 277: 382-383, 1979.
18. Frame L. H., Malcolm J. R., Frame G. W., Lawick H. — *Social organization of African wild dogs on the Serengeti Plains Tanzania*. *Z. Tierpsychol.* 50: 225-249, 1979.
19. Rood J. P. — *Dwarf nongoose helpers at the den*. *Z. Tierpsychol.* 48: 277-287, 1978.
20. Ginsburg B. E. — *Nonverbal communication: The effect of affect on individual and group behaviour*. W: *Nonverbal communication of aggression*. Plenum Press, New York and London, ss. 161-175, 1978.
21. Packard J. H., Seal U. S., Mech L. D., Plotka E. D. — *Causes of reproductive failure in two family groups of wolves*. *Z. Tierpsychol.* 68: 24-40, 1985.
22. Latane B. — *Social attraction in animals*. W: *New horizons in psychology*. Vol. 2, Penguin Books, Harmondsworth, ss. 259-275, 1974.
23. Rosenblatt J. S., Mayer A. D., Siegel H. I. — *Maternal behavior among the nonprimate mammals*. W: *Handbook of behavioral neurobiology*. Vol. 7, Plenum Press, New York and London, ss. 229-298, 1986.

24. Wickler W. — *Socio-sexual signals and their intraspecific imitations among primates*. W: [7], ss. 69-147.
25. Dittus W.P. — *Toque macaque food calls: semantic communication concerning food distribution in the environment*. Anim. Behav. 32: 470-477, 1984.
26. Mowat F. — *Nie taki straszny wilk*. Iskry, Warszawa, 1986.
27. Green S. — *Dialects in Japanese monkeys: vocal learning and cultural transmission of locale-specific vocal behaviour*. Z. Tierpsychol. 38: 304-314, 1975.
28. Hamilton W. — *Barwny szyfr życia*. PWN, Warszawa, 1977.
29. Jones C., Pi S. — *Sticks used by chimpanzees in Rio Muni, West Africa*, Nature 223: 100-101, 1969.
30. Kroeber A., Kluckhohn C. — *Culture, a critical review of concept and definitions*. Harvard University Press, Cambridge Mass., 1952.

Październik 1987

MICHAŁ WOYCIECHOWSKI

Zakład Zoologii Systematycznej

i Doświadczalnej PAN

Kraków

SPOŁECZEŃSTWA BŁONKÓWEK — ALTRUISTYCZNE CZY EGOISTYCZNE OSOBNIKI

Czytając opisy zachowań społecznych błonkówek (os, pszczoł, mrówek) można odnieść wrażenie, że cała organizacja ich socjalnych układów opiera się na silnej królewskiej władzy, którą sprawuje bezwzględna królowa, często z podejrzaną reputacją. Jej córki — robotnice to zapracowane, gotowe w każdej chwili na oddanie swego życia poddane, których jedynym celem jest dobro królowej. Rolę samców sprowadza się jedynie do przyziemnej funkcji zapłodnienia i to nie wszystkich jaj, a ich poszczelarska nazwa trutnie stała się synonimem kompletnie bezwartościowego członka społeczności. Obraz ten, celowo nieco karykaturalnie przedstawiony, odnaleźć można nie tylko w podręcznikach pszczelarstwa, ale też w doskonałej książce twórcy socjobiologii Wilsona (1971), wydanej również po polsku w 1979 roku, pt. „Społeczeństwa owadów”.

Czy rzeczywiście w społeczeństwach owadów jedne osobniki zachowują się skrajnie altruistycznie inne zaś egoistycznie to wykorzystują? Jak takie społeczeństwa mogły powstać drogą ewolucji, i dlaczego nadal się utrzymują?

Odpowiedzi na te pytania przedstawione będą w języku używanym powszechnie w socjobiologii. Język ten wielokrotnie krytykowany nie sugeruje bynajmniej celowości w ewolucji, nie przypisuje też zwierzętom świadomości czy przewidywania skutków wyboru odpowiedniej strategii zachowania. Czytelnik, który poznał już choćby tylko polską literaturę socjobiologiczną (Urbanek 1980, Hoffman 1983, Łomnicki 1983) wie zapewne, że zasady stosowane w tej gałęzi biologii oparte są ściśle na darwinowskiej teorii doboru naturalnego. Chcąc odpowiedzieć na postawione wcześniej pytania należy przypomnieć pewne fakty, które dotyczą mechanizmów determinacji płci u błonkówek.

Jak wykazał już w 1835 roku ks. Jan Dzierżon, z zapłodnionych jaj pszczoły miodnej powstają królowe, zwane matkami, bądź robotnice, będące osobnikami żeńskimi. Z niezapłodnionych jaj rozwijają się samce — czyli trutnie. Ta „reguła Dzierżonia”, z niewielkimi wyjątkami obowiązuje u błonkówek, zwanych przez to halodiploidami, jako, że zapłodnione (diploidalne) i bez zapłodnienia rozwijające się (haploidalne) jaja dają odpowiednio dwie płcie tych owadów. W 1964 roku Hamilton pierwszy zaproponował wyjaśnienie ewolucyjnych konsekwencji tego dość niezwykłego w świecie zwierząt mechanizmu determinacji płci. Jego sformalizowana matematycznie koncepcja,

opiera się na związkach pokrewieństwa, czyli proporcji tych samych genów, pochodzących od wspólnych przodków, u członków jednej rodziny haplodiploidów.

Haploidalność samców powoduje, że w plemnikach przekazują one zawsze ten sam zestaw wszystkich swoich genów. Dzięki temu siostry, będące córkami tego samego ojca i matki, posiadają aż 75% identycznych genów (50% od ojca + 25% od matki). Jednocześnie, tak jak u innych diploidalnych owadów, matkę z córką łączy jedynie 50% podobieństwo, jako że matka przekazuje swym potomkom, bez względu na ich płeć, połowę swego genetycznego materiału. Z haplodiploidalności wynika ponadto, że siostry są między sobą spokrewnione silniej niż ze swymi braćmi, z którymi łączy je jedynie 25% wspólnych genów (te 25% wspólnych genów to geny pochodzące jedynie od matki, jako że zarodki męskie pochodzą z jaj niezapłodnionych).

Przytoczona informacja okazuje się istotna jeśli uprzytomnimy sobie, że dowolna cecha osobnicza utrwała się w procesie ewolucji, wówczas kiedy w populacji frekwencja odpowiedzialnego za nią genu wzrasta, a zatem nie grozi mu wyeliminowanie. Do wzrostu frekwencji genów, których jest się nosicielem przyczynić się można nie tylko produkcją własnego potomstwa. Jak wynika z powyższych rozważań, przedstawionych po raz pierwszy przez Hamiltona (1964), samice haplodiploidów mogą skuteczniej osiągnąć ten cel wychowując swe siostry genetycznie podobne do siebie w 75%, niż produkując córki podobne w 50%. Według Hamiltona właśnie z tego to powodu układy socjalne haplodiploidów są tak powszechne i jak się ocenia powstały one w tej grupie owadów niezależnie aż kilkanaście razy, podczas gdy u wszystkich innych diploidalnych owadów powstały tylko raz, u termitów (Wilson 1971).

Wróćmy jednak do podanych założeń, według których geny, a nie osobniki są podstawową jednostką darwinowskiego doboru naturalnego. Przyjęcie takiego modelu pozwala wytłumaczyć niektóre niezrozumiałe wcześniej zjawiska biologiczne. Jednym z nich jest istnienie całkowicie sterylnej kasty robotnic u społecznych błonkówek. Wiemy już, że są powody, by robotnice rezygnowały z produkcji córek, wychowując w ich miejsce siostry, co daje im lepszą możliwość rozprzestrzeniania genów. Dlaczego jednak miałyby rezygnować z produkcji synów? Należy bowiem przyjąć konsekwentnie, że gdyby robotnice produkowały własnych synów, samce te nazywane tu siostrzeńcami robotnic, nosiłyby więcej genów przeciętnej robotnicy niż bracia tej robotnicy. Pomijając potomstwo własne każdej robotnicy, które w ogólnej liczbie potomstwa innych robotnic stanowi nieistotny udział, robotnice z siostrzeńcami łączy dwukrotnie mniej wspólnych genów niż z siostrami — połowa z 75% czyli 37,5%, podczas gdy z braćmi zaledwie 25%. Szczegółowe rozważania na ten temat odnaleźć można w innej pracy (Woyciechowski 1985).

Wśród społecznych błonkówek można znaleźć przykłady bardzo różnych zachowań. Robotnice pewnych gatunków są zdolne do kopulacji i w razie straty królowej mogą ją zastąpić (Wilson 1971). U innych samce są produkowane przez skazane na dożywotnie dziewictwo robotnice (Smeeton 1981). Są takie gatunki, których samce pochodzą zarówno od królowej,

jak i od robotnic (Pamilo i Rosengren 1983). Ewolucja jeszcze innych gatunków doprowadziła do powstania całkowicie sterylnych, niezdolnych do składania jaj robotnic (Wilson 1971). U pszczoły miodnej, co wiadomo powszechnie, robotnice zachowują się jak sterylne osobniki, ale tylko w obecności królowej.

Już przeszło 30 lat temu wysunięto przypuszczenie, że to królowa zmusza swe poddane by zrezygnowały z należnego im profitu ewolucyjnego uzyskiwanego przy produkcji własnych synów (Bier 1954). Powszechnie przyjęło się uważać, że królowa produkuje substancje (feromony), które są w stanie powstrzymać rozwój jajników robotnic pozostających przy matce (Mamsch i Bier 1966, Ikan i in. 1969). U pszczoły miodnej, *Apis mellifera*, jako dowód przytacza się znany wszystkim pszczelarzom fakt, że po usunięciu matki z gniazda, gdy robotnice nie mają możliwości wychowania następnej matki, część z nich staje się tzw. trutówkami, czyli zaczyna składać niezapłodnione jaja, z których wylęgają się trutnie (Michener 1974). Nie u wszystkich gatunków błonkówek nieobecność królowej, a tym samym jak się uważa brak jej feromonów, wystarcza aby skłonić robotnice do produkcji własnych jaj. Stwierdzono bowiem, że robotnice pewnych gatunków mrówek mimo nieobecności królowej, lecz w obecności larw młodego potomstwa nie produkują własnych haploidalnych jaj. W tym przypadku sugeruje się istnienie innych substancji, których dopiero odpowiednio wysoki poziom w organizmie robotnic stymuluje pełny rozwój ich jajników. Uważa się także, że troskliwe robotnice karmiąc larwy młodszego rodzeństwa pozbywają się tych substancji, przez co ich jajniki się nie rozwijają (Mamsch 1967).

Czy przypadkiem feromonom nie przypisuje się właściwości „niewyjaśnionych sił natury”? Czy można bowiem zakładać powstawanie w toku ewolucji takich substancji produkowanych przez królową, które hamowałyby rozwój jajników u robotnic, a jednocześnie uważać, że nie pojawiają się odporne na działanie tych substancji mutanty? Czy także u przytoczonych przykładów mrówek, robotnice nie powinny zapewnić sobie wystarczającej ilości substancji potrzebnej do rozwoju jajników? Czy w końcu feromony królowej, to wybiórczo działająca trucizna, czy nośnik informacji? Czy w związku z tym nie należy oczekiwać takich sytuacji, w których robotnice rezygnując z produkcji własnego męskiego potomstwa sprzyjają pomnażaniu własnych genów?

Chcąc by odpowiedzi na te pytania stały się prostsze, rozważmy jeszcze jeden problem na jaki napotkamy przy konsekwentnym przyjęciu teorii Hamiltona (1964). Otóż uważa się, że właśnie u społecznych błonkówek szczególnie często obserwuje się wielokrotną kopulację królowych (Page i Metcalf 1982). Wyjaśnienie tego zjawiska jest tak istotne dlatego, że robotnice takiej wielokrotnie kopulującej samicy są ze sobą słabiej spokrewnione niż byłyby ze swoimi własnymi córkami. Czy wobec tego w ewolucji gatunki te nie powinny powrócić do samotnego trybu życia?

Nie stwierdzono by wielokrotna kopulacja królowych zaburzała w jakikolwiek sposób układy socjalne i dlatego zachowanie to doczekało się wielu wyjaśnień. Hamilton (1964) sugerował, że samice kopulują wielokrotnie najczęściej z samcami, które są ich braćmi. Przekazywane przez braci geny są podobne,

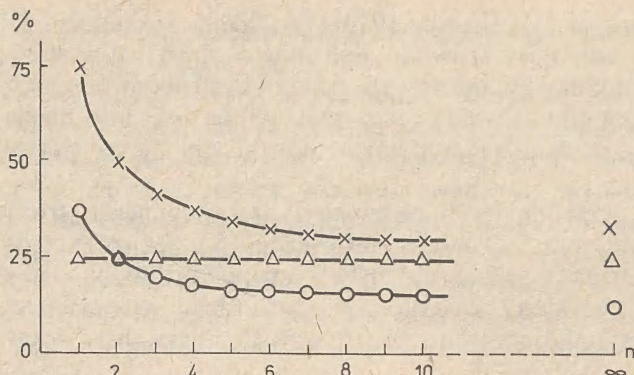
przez co nie zmienia to istotnie przytoczonych wcześniej wartości świadczących o pokrewieństwie rodzeństwa. W rzeczywistości jednak kasty seksualne wielu gatunków błonkówek gromadzą się w ustalonych od lat zbiorowych miejscach rójki, gdzie napotkanie krewniaków jest mało prawdopodobne. U mrówek rójka taka odbywa się zwykle na szczytach wzniesień nad wierzchołkami drzew czy budynków (Kannowski 1963, Woyciechowski 1987). Często już sam odległy lot na miejsce takiej rójki jest ryzykowny, nie mówiąc już o tym, że gromadzące się bezbronne owady stają się łatwym łupem ptaków, płazów a nawet innych drapieżnych owadów. Obserwacje te świadczą więc raczej o tym, że błonkówki wręcz unikają krewniaczych kochań (Woyciechowski 1985).

Stosunkowo najłatwiej było wyjaśnić powody wielokrotnej kopulacji u pszczoły miodnej. Okazało się, że u tego gatunku samce powstają nie tylko z jaj niezapłodnionych, ale też z zarodków diploidalnych, jeśli tylko posiadają one homologiczną parę alleli w jednym locus *X*, tzw. seksualnym. Takie diploidalne samce są jednak bezpłodne, a robotnice umieją je rozpoznawać i zjadają je jeszcze w postaci kilkudniowej larwy (Woyke 1963). Matka gniazda, w którym duży procent potomstwa jest w ten sposób niszczone ma więc mniejsze szanse rozprzestrzenienia swych genów. Jak się okazuje matka pszczoła zmniejsza straty wynikające z powstawania bezpłodnych samców nie tylko unikając krewniaczych mariaży, ale też dążąc by jej jaja były zapładniane spermą wielu partnerów (Page 1980).

Sposób dziedziczenia płci oparty na homo- czy heterozygotyczności jednej lub kilku par wielokrotnych alleli seksualnych poza pszczołą miodną stwierdzono jak dotychczas jedynie u 10 gatunków błonkówek (Page i Metcalf 1982). U wszystkich tych gatunków, tak jak u pszczoły miodnej, jedyne funkcjonujące samce są haploidalne, a więc siłą rzeczy homozygotyczne. Jest też pewne, że wielokrotna kopulacja samic jest zjawiskiem znacznie bardziej rozpowszechnionym, niż oparte na homologicznych chromosomach powstawanie osobników męskich. Dlaczego więc i inne gatunki błonkówek ryzykują w przedłużającym się locie godowym by kopulować z wieloma partnerami?

Jeśli prześledzić związki pokrewieństwa wśród robotnic, których matka kopulowała wielokrotnie okaże się, że procent ich wspólnych genów maleje proporcjonalnie do liczby partnerów. Tym samym maleje też udział genów, które łączą robotnice z produkowanym przez ich siostry męskim potomstwem. Bez zmian pozostaje tylko udział wspólnych genów łączących robotnice z ich braćmi — synami królowej. Sytuację tę przedstawia wykres (rys. 1). Można z niego odczytać, że już przy więcej niż dwóch partnerach królowej, robotnice są bliżej spokrewnione z braćmi niż z synami swymi i swych sióstr — siostrzeńcami. Inaczej mówiąc przyrodnie siostry przyczyniają się lepiej do rozprzestrzeniania swych genów, jeśli całą produkcję jaj przejmie królowa. Czy wobec tego wielokrotna kopulacja wystarczy by skłonić robotnice do bezpłodności, czy są jeszcze potrzebne feromony kastrujące?

Na podstawie matematycznego modelu symulującego ewolucję hipotetycznych gatunków społecznych błonkówek, których samice kopulują tylko raz przewidywać można, że produkcja samców należeć będzie do robotnic.



Rys. 1. Procentowy udział tych samych genów, pochodzących od wspólnego przodka, wskazujący na pokrewieństwo osobników z gniazda społecznych błonkówek, w zależności od liczby partnerów (n) królowej. X — pokrewieństwo robotnic, O — pokrewieństwo robotnic z siostrzeńcami, Δ — pokrewieństwo robotnic z braćmi

Jeśli zaś samice kopulują regularnie z wieloma partnerami należy oczekiwać, że robotnice takiego gatunku w szybkim czasie zaprzestaną produkcji własnych synów (Woyciechowski i Łomnicki 1987). Jak dotychczas jest zbyt mało danych by jednoznacznie przyjąć lub odrzucić tę hipotezę. Na omawianym modelu wykazano ponadto ogromne ewolucyjne znaczenie rozpoznawania pokrewieństwa. Znaczy to, że jeśli robotnice są w stanie rozpoznać czy są córkami jednego czy wielu ojców i w zależności od tego produkować własnych synów bądź opiekować się tylko braćmi, wielokrotna kopulacja królowej może być przystosowaniem królowej nabytym wyłącznie w celu skłonienia robotnic do całkowitej sterylizacji. Zasada ta obowiązuje jednak, tylko w obecności królowej. Tak więc przekazanie informacji o obecności królowej leży nie tylko w jej interesie, ale też w interesie wszystkich robotnic.

Wnioski zdobyte w całkowicie teoretycznych rozważaniach nasuwają dalsze przypuszczenia co do mechanizmów działania tzw. feromonów kastrujących czy hamujących. Chodzi tu o zrozumienie działania, które ta nazwa sugeruje. Nic bowiem nie wskazuje na to, że feromony są w stanie zmusić robotnicę do zaprzestania rozrodu, tak jak to robi silniejsza fizycznie królowa kontrolująca zachowanie wszystkich nielicznych w gnieździe robotnic wielu prymitywnych os czy trzmieli (Wilson 1971, Metcalf i Whitt 1977). Informacja przekazywana przez feromony pozwala drugiemu osobnikowi zorientować się w sytuacji w jakiej się znalazł. Dotyczyć to może np. obecności królowej w gnieździe, ale też w przypadku feromonów seksualnych może świadczyć o obecności w pobliżu drugiej płci, czy wręcz o tym, że osobnik odmienniej płci należy do tego samego gatunku. Feromony mogą też być nośnikami informacji o tym, że osobnik znalazł się na obcym terytorium. U pszczoły miodnej charakterystyczny, przenoszony przez osobniki zapach rodzinnego gniazda jest wystarczającą informacją by rozpoznać współmiesz-

kańca bądź intruza (Michener 1974). Produkcja feromonów jako nośników informacji ma sens tylko wówczas jeśli inne osobniki są w stanie je odczytać i gdy wykorzystanie tej informacji daje obu stronom ewolucyjne korzyści. Dla społecznych błonkówek istotna okazuje się być informacja o tym, czy robotnice w gnieździe są pełnymi siostrami czy tylko siostrami przyrodnimi.

Jest wiele przyrodniczych obserwacji uzasadniających traktowanie feromonów jedynie jako nośników informacji. Są też przykłady świadczące o tym, że informacje o pokrewieństwie osobników mogą być odczytywane. Wszystkie te przykłady wydają się potwierdzać wcześniejsze rozważania. Przedstawię tu tylko wybrane obserwacje z długiej listy, którą można by przytoczyć.

Badając gatunek prymitywnej pszczoły *Lasioglossum zephyrum* Greenberg (1979) stwierdził, że rozpoznaje ona swe współtowarzyszki gniazda tylko wówczas, gdy rodzą się w obecności osobników, tak podobnych jak mogą być osobniki posiadające aż 75% tych samych genów. Jeśli jednak osobnik rodzi się w gnieździe, w którym różnorodność współtowarzyszek jest większa, wówczas nie jest on w stanie rozpoznać osobników nawet z innego gniazda. Spostrzec tu można elementy uczenia się na zasadzie porównywania, ale nie innych osobników ze sobą samym, a tylko innych spotykanych osobników między sobą. Można więc wyobrazić sobie, że robotnice są w stanie rozpoznać swoje pokrewieństwo. Nieco antropomorfizując wygląda to następująco. Jeśli otaczające mnie osobniki są do siebie podobne, ja jestem taki sam jak one, czyli jestem wśród rodzeństwa. Jeśli natomiast otaczające mnie współtowarzyszki są bardzo zmienne, to jesteśmy co najwyżej rodzeństwem przyrodnim. W obu tych przypadkach optymalna strategia zachowania będzie zdecydowanie odmienna. Oczywiście rozpoznawane przez robotnice znaki nie muszą być znakami wizualnymi, być może feromony odgrywają tu istotną rolę. Nie chodzi tu też o indywidualne rozpoznawanie wszystkich osobników, a tylko o percepcję ich zmienności.

Królowe wielu gatunków mrówek zakładają nowe gniazdo w ten sposób, że wchodząc do mrowiska innego gatunku mrówki zabijają ich królową przejmując produkcję potomstwa (Wilson 1971). Okazuje się, że robotnice gospodarzy nie produkują w takim przypadku własnego potomstwa lecz karmią bez sprzeciwu „kukulcze pisklęta”, które szybko stają się jedynymi mieszkańcami zajętego gniazda.

W naszym kraju spotkać można jeszcze bardziej wojowniczy gatunek mrówki. Robotnice *Polyergus rufescens*, bo o nich mowa, atakują gniazda swych ofiar zabierając z nich poczwarki przyszłych niewolnic. Urodzone już w niewoli osobniki traktują swych porywaczy jak siostry, zachowując się jak we własnym gnieździe i wychowując z jednakową troskliwością następne pokolenia niewolnic, jak i porywaczy (Dobrzańska 1976). Stwierdzono eksperymentalnie, że po usunięciu z gniazda samicy *P. breviceps*, gatunku o niemal identycznych zwyczajach do występującego u nas *P. rufescens*, robotnice niewolniczego gatunku, w krótkim czasie rozpoczynają produkcję własnych, oczywiście niezapłodnionych jaj (Hung 1973). Reakcja osieroconych

robotnic, choćby były one pozbawione królowej obcego gatunku, jest taka sama jak gdyby straciły własną matkę.

To, że w obu przytoczonych przykładach robotnice mrówek reagują na obecność obcej królowej jak na własną matkę nie oznacza bynajmniej, że rozwój ich jajników jest hamowany feromonami samicy innego gatunku. Oznacza to raczej, że obca samica jest traktowana jak własna, a jej brak wywołuje takie same reakcje jak przypadek rzeczywistego osierocenia. Należy też przypuszczać, że informacja o obecności królowej może być przekazywana nie tylko przez samą królową. O jej obecności mogą robotnice być informowane przez istnienie jaj lub larw następnych pokoleń. Jak można oczekiwać, w ewolucji gatunków informacje te mogą wywoływać identyczną reakcję robotnic.

Przyjmując przedstawione powyżej założenia i koncepcje trudno zgodzić się z innymi powszechnie przyjętymi poglądami pszczelarzy, według których feromony matki pszczoły miodnej powstrzymują robotnice od produkcji nowych matek (Michener 1974, Lensky i Slabezky 1981). Wniosek taki wysunięto na podstawie spostrzeżeń, których łatwo dokonać w pszczelej rodzinie. Gdy pozbawi się taką rodzinę matki, w krótkim czasie wiele komórek plastra, przeznaczonych pierwotnie na produkcję robotnic, zostaje powiększonych i powstaną tzw. mateczniki ratunkowe. Znajdujące się w nich larwy są odtąd karmione „królewskim” pokarmem, co powoduje, że staną się w przyszłości matkami.

Prześledźmy jak w naturalnych warunkach replikować się będą dwa alternatywne geny. Pierwszy powodujący, że nosząca go matka jest w stanie skutecznie hamować tendencję robotnic do wychowywania z jej jaja młodych matek. Drugi zaś powoduje, że jego nosicielka nie potrafi hamować tej tendencji u robotnic. Jeśli przyjąć, że młode matki będą dziedziczyć po matce jej cechy, należy przypuszczać, że w krótkim czasie cała populacja pochodzić będzie od tej matki, w której gnieździe powstało wiele młodych matek. Tymczasem trzeba brać pod uwagę to, że każda młoda matka zakłada swe gniazdo z grupą robotnic z rodzinnego gniazda — macierzaka. Jeśli więc macierzak opuści wiele roi, będą one posiadać niewielką liczbę robotnic co zmniejszy ich szanse przeżycia. Potomstwo pozostawią tylko roje silne, a więc liczące wiele osobników. Można więc oczekiwać, że produkcja młodych matek jest wynikiem ewolucyjnej optymalizacji, w której głównymi parametrami są koszty produkcji roju i szanse jego przeżycia. Gniazdo, które zoptymalizuje te wartości będzie miało większy udział w następnych pokoleniach, czyli jego strategia stanie się optymalna, a więc ewolucyjnie stabilna. Trudno zatem w tej kwestii oczekiwać konfliktu matki i robotnic. Raczej można przypuszczać, że mamy do czynienia z przekazem informacji, która odczytywana jest następująco. Skoro matka jest w gnieździe, produkować należy roje optymalnej wielkości. Jeśli jej nie ma, ryzyko zniszczenia rodziny jest tak duże, że warto jak najszybciej wyprodukować nawet wiele nowych matek by i tak wybrać z nich jedną.

Pozostaje jeszcze do omówienia rola jaką w ewolucji odgrywają trutnie. Czy rzeczywiście od ich zachowania tak mało zależy? Niewiele jest na ten

temat informacji i o nielicznych gatunkach. Z pewnością jednak najwięcej wiadomo o trutniach pszczoły miodnej. Wiemy już, że matka pszczoła kopulując wielokrotnie zwiększa szanse przeżycia całej rodziny (Page 1980, Page i Metcalf 182). Zachowanie takie, jak to było omówione, zmniejsza prawdopodobieństwo dużych strat w potomstwie o homozygotycznych allelach seksualnych. Kopulując wielokrotnie matka osiąga jeszcze jeden cel, już całkiem egoistyczny, bo sprzeczny z „ewolucyjnym interesem” jej robotnic. Matka „skłania” w ten sposób we córki robotnice do zaniechania produkcji własnego męskiego potomstwa (Woyciechowski i Łomnicki 1987). W jaki sposób ten konflikt matki i robotnic dotyczy trutni? Czy strategia samca jest możliwa do przewidzenia i czy jest zgodna z naszymi oczekiwaniami? Przede wszystkim należy brać pod uwagę to, że każdy kolejny partner matki pszczoły zmniejsza proporcję potomstwa należącego do jego poprzednika. W interesie trutnia jest więc zapewnienie sobie wyłącznego udziału w diploidalnym potomstwie swej partnerki.

Już wiele lat temu pszczelarze zauważyli, że trutnie pszczoły po kopulacji pozostawiają w drogach rodnych samicy tzw. znamię. Jest to część narządów kopulacyjnych samca, która utrudnia matce następne kontakty seksualne. Często matka wraca z takim znamieniem do ula. Niektóre informacje wskazują na to, że nawet potrzebna jest pomoc robotnic by matka mogła się go pozbyć (Seeley 1985). U innych błonków są obserwacje świadczące o tzw. konkurencji spermy (Star 1984). Polega to na tym, że już w drogach rodnych samicy sperma jednego trutnia zapładnia bardziej efektywnie niż sperma innych. Istnienie takich mechanizmów wydawać się może mało prawdopodobne, choć nie dziwią nas zachowania mające identyczne znaczenie przystosowawcze. Samce żab czy ropuch trzymają swe partnerki w mocnym uścisku trwającym nieraz wiele godzin. Specjalne modzele na nogach ułatwiają im tę praktykę. Przyzwyczailiśmy się do widoku dwóch chrząszczy sklejonych odwłokami i usiłujących biec w odwrotnych kierunkach. Spokojnie patrzymy na złęczone pary motyli czy ważek unoszące się w powietrzu. Wszystkie te przystosowania uniemożliwiają innym samcom kopulację z raz zdobytą partnerką. Zachowanie takie daje bez wątpienia praktykującym je samcom tak wysokie „ewolucyjne zyski”, że przewyższają one straty wynikające z narażenia życia jakie ze sobą pociągają.

U błonówek ewolucja samców prowadzi do powstania zdecydowanie odmiennych zachowań od tych do jakich ewolucja doprowadziła królowe. W zależności od tego, która ze stron, królowa czy trutnie, skuteczniej zapewni sobie swój „ewolucyjny interes” robotnicom nie pozostanie nic innego jak tylko optymalnie zachować się w sytuacji jaką stworzyli im rodzice. Trzeba jednocześnie wielu przystosowań by prawidłowo odczytać informację o swym pochodzeniu i pochodzeniu sióstr. Od tego bowiem zależy czy robotnice będą konkurować z matką o produkcję własnych synów.

LITERATURA

- Bier K. — *Über den Einfluss der Königin auf die Arbeiterinnenfertilität im Ameisenstaat*. Insect Soc. 1, 7, 1954.
- Dobrzańska J. — *Badania nad pasożytnictwem społecznym u mrówek z punktu widzenia międzygatunkowych zachowań przystosowawczych*. Kosmos A, 25, 223, 1976.
- Greenberg L. — *Genetic component of bee odor in kin recognition*. Sciences 206, 1095, 1979.
- Hamilton W.D. — *The genetical evolution of social behavior I and II*. J. Theor. Biol. 7, 1, 1964.
- Hoffman A. — *Wokół ewolucji*. PIW, Warszawa, 1983.
- Hung A. C. F. — *Reproductive biology in dulotic ants: Preliminary report*. Entom. News 84, 247, 1973.
- Ikan R., Gottlieb R., Bergmann E. D., Ishay J. — *The pheromone of the queen of the Oriental hornet, Vespa orientalis*. J. Insect Physiol. 15, 1709, 1969.
- Kannowski P. B. — *The flight activities of Formicine ants*. Symposia Genetica et Biologica Italica 12, 74, 1963.
- Lensky Y., Slabezky Y. — *The inhibiting effect of the queenbee (Apis mellifera L.) foot-print pheromon on the construction of swarming queen cups*. J. Insect Physiol. 27, 313, 1981.
- Łomnicki A. — *Nowy obraz ewolucji biologicznej, czyli jak geny-receptory urządzają otaczający nas świat*. Znak 5-6, 872, 1983.
- Mamsch E. — *Quantitative Untersuchungen zur Regulation der Fertilität im Ameisenstaat durch Arbeiterinnen, Larven und Königin*. Z. Vergl. Physiol. 55, 1, 1967.
- Mamsch E., Bier K. — *Das Verhalten von Ameisenarbeiterinnen gegenüber der Königin nach vorangegangener Weisellosigkeit*. Insect Soc. 8, 277, 1966.
- Metcalf A. A., Whitt G. S. — *Intra-nest relatedness in the social wasp Polistes metricus. A genetic analysis*. Behav. Ecol. Sociobiol. 2, 339, 1977.
- Page R. E. — *The evolution of multiple mating behavior by honey bee queen (Apis mellifera L.)*. Genetics 96, 263, 1980.
- Page R. E., Metcalf R. A. — *Multiple mating, sperm utilization, and social evolution*. Amer. Nat. 119, 263, 1982.
- Pamilo P., Rosengren R. — *Sex ratio strategies in Formica ants*. Oikos 40, 24, 1983.
- Seeley T. D. — *Honeybee ecology. A study of adaptation in social life*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 192, 1985.
- Smeeton L. — *The source of males in Myrmica rubra L. (Hym. Formicidae)*. Insect Soc. 28, 263, 1981.
- Star K. — *Sperm competition, kinship, and sociality in the Aculeate Hymenoptera*. W: Smith R. L. (red.) *Sperm competition and the evolution of animal mating systems*. Academic Press, 427, 1984.
- Urbanek A. — *Na granicy biologii i socjobiologii*. Nauka Polska 3-4, 115, 1980.
- Wilson E. O. — *The insect societies*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 548, 1971.
- Woyciechowski M. — *Sociobiologia, ewolucja altruizmu a pszczelarstwo*. Prz. Zool. 29, 269, 1985.
- Woyciechowski M. — *The phenology of nuptial flight of ants (Hymenoptera, Formicidae)*. Acta Zool. Cracov. 30, 137, 1987.
- Woyciechowski M., Łomnicki A. — *Multiple mating of queen and the sterility of workers among eusocial Hymenoptera*. J. Theor. Biol. (w druku), 1987.
- Woyke J. — *What happens to diploid drone larvae in honey bee colony*. J. Apic. Res. 2, 73, 1963.

KAROL STARMACH

Instytut Botaniki im. Władysława Szafera PAN
w Krakowie

NOWSZE DANE O KRASNOROSTACH

Krasnorosty stanowią dużą grupę glonów głównie morskich i zasługują na szczególną uwagę dzięki oryginalnej budowie komórek i plech, organów rozmnażania, biologii oraz nie rozwiązanej do końca pozycji systematycznej. W ostatnich 25 latach ujawniło się wzmożone zainteresowanie tą grupą glonów. Liczne prace pojawiające się w rozmaitych czasopismach i książkach botanicznych traktują szczegółowo o strukturze, morfologii, rozmnażaniu i rozwoju plech, także o systematyce i ekologii.

Badania krasnorostów prowadzone są od ok. 200 lat, gdyby tylko wspomnieć ważniejsze ich etapy, jak: Stackhouse (1795-1801), Bornet i Thuret (1867), oraz nowszą, obszerną syntezę Kylina (1956). Nowsze badania i opisy podane u Christensena (1964), Papenfusa (1966), Bourrelly'ego (1970), Dixona (1973), wreszcie Bolda i Wynne (1985), nagromadziły wiele obserwacji w przyrodzie i z badań laboratoryjnych prowadzonych nowoczesnymi metodami, zmieniły w niektórych przypadkach dawne, klasyczne opisy tej grupy glonów, pogłębiły też znacznie znajomość zarówno krasnorostów morskich, jak i słodkowodnych. Wprawdzie nie wyjaśniły jeszcze wszystkiego, jednak przyniosły obszerny zasób wiadomości, nowy skok jakościowy, dotyczący tej ciekawej grupy glonów, których pozycja systematyczna często jest jeszcze dyskutowana.

Podany poniżej przegląd nowszych danych o krasnorostach nie uwzględnia całej obszernej literatury, wskazuje natomiast na ważniejsze osiągnięcia począwszy od lat sześćdziesiątych, dotyczące szczególnie krasnorostów rosnących w wodach słodkich, które w naszym kraju nie są wcale rzadkie, a jednak tak mało badane. Niemniej interesujące są krasnorosty morskie na naszym wybrzeżu, tak znacznie wysłodzonego, Morza Bałtyckiego. Mają one szereg odmiennych cech od krasnorostów mórz o normalnym zasoleniu (ok. 30‰), która to odmienność sprawia, że przedstawiają nader interesujący i wdzięczny przedmiot badań.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA KRASNOROSTÓW

Krasnorosty są głównie mieszkańcami mórz. Na ok. 560 rodzaj i ok. 5000 gatunków, w wodach słodkich występuje zaledwie 29 rodzaj i ok. 180-200 gatunków.

Szczególną cechą krasnorostów jest całkowity brak stadiów ruchliwych

z wiciami, obecność dodatkowych barwników asymilacyjnych, tak zwanych fykobilin: fykoerytryny i fykocjaniny, obecność w chromatoforach pojedynczych płytek fotosyntetyzujących czyli tylakoidów, obecność skrobi krasnorostowej, podobnej do amylopektyny, wreszcie oogamiczny rozród w postaci żeńskich karpogonów i męskich spermatangiów. Rozmnażanie wegetatywne odbywa się za pomocą rozmaitego rodzaju spor, także fragmentów plech, a nawet pojedynczych komórek, które są zdolne do regeneracji i odtworzenia całości organizmu.

Brak komórek ruchomych jest ważną cechą krasnorostów, jak też i sinic. Obserwowano jedynie słabe ruchy ameboidalne spor, szczególnie plemników u *Erythrocladia* (Nichols i Lissant 1967) i u *Audouinella* (*Chantransia*) (White i Boney 1969). Podawane wcześniej dane o wiciach okazały się być wiciami grzybów fykomycetów pasożytujących na glonach. Możliwe jest, że również odkryte ostatnio wici w komórkach spermatangialnych u *Bonnemaisonia hamifra* (Simon, Richard-Breud 1971) są następstwem podobnej infekcji. W związku z brakiem wici należy oczekiwać również braku centrioli w komórkach. Wykazano jednak u kilku gatunków krasnorostów podobne do centrioli organelle zespolone z jądrem w czasie mitozy (Pickett-Heaps 1969, 1972, Schorstein i Scott 1982).

Barwnikiem typowym dla krasnorostów jest fykoerytryna, maskująca chlorofil, nadająca chromatoforom czerwone zabarwienie. Nie zawsze i nie u wszystkich krasnorostów występuje niebieski fykocjan. Oba te barwniki różnią się od chlorofilu tym, że są rozpuszczalne w wodzie i ściśle związane z proteinami, stąd oznacza się je jako biliproteiny. Występują one również u sinic, kryptofitów i pyrofitów. Ich struktura chemiczna przypomina barwniki żółciowe występujące u zwierząt. Fykobiliny skupiają się w chromatoforach w postaci płytkowatych lub ziarnistych utworów osadzających się na powierzchni tylakoidów, stąd też nazywa się je również fykobilisomami.

Skrobia krasnorostów jest podobna do amylopektyny roślin wyższych (McCandless 1981). Barwi się od jodu najpierw brunatnoczerwono, potem brunatnofioletowo i w końcu fioletowo. Ziarenka skrobi nie są związane z chromatoforami lecz rozrzucone w protoplazmie. Pirenoidy spotyka się tylko u niektórych gatunków. Występują one głównie w podklasie *Bangiophycidae*, a w podklasie *Florideophycidae* u *Nemaliales*. Inne materiały zapasowe to cukry i glikozydy, jak: trechalosa, floridosa, isofloridosid, maltosa i cukrosa (Craigie 1974).

Błona komórkowa składa się ze sztywnych fibrilli złożonych z celulozy i pektyn. Znany jest też xylan jako substancja włóknista i mannan jako substancja nie włóknista (Frei i Preston 1964). Galaretowate, bezpostaciowe masy zwane pospolicie pektynami są zwykle bogatym w siarkę poliestrem galaktanu (Persival i Dowell 1967, Mackie i Preston 1974). Przykładem może być agar, porfyrany, furcellan i karagen. Substancje te mogą w pewnych warunkach tworzyć gospodarczo użyteczne żele. U niektórych rodzajów, szczególnie w rodzinie *Corallinaceae*, znamienna jest silna impregnacja komórek węglanem wapnia.

Szczególnymi utworami krasnorostów są jamki z zatyczkami pomiędzy komórkami. Zatyczki (korki), widziane jedynie pod mikroskopem elektronowym,

wypełniają światło otworków jamkowych w błonkach między komórkami i są utworami proteinowymi pokrytymi warstwą polisacharydów (Ramus 1971, Pueschel 1977, 1980). Zatyczki odkryte w latach 1962-1978 badali wyczerpująco: Bouck (1962), Ramus (1969), Sommerfeld i Leeper (1970), Lee (1971), Hawkins (1972), Evans (1974), Aghajunian i Hommersand (1978). Różne wykształcenie tych utworów wiążą autorzy z poszczególnymi gatunkami krasnorostów, co możnaby wykorzystać również w systematyce. Zatyczki tworzą się w otworze jamki w postaci pęcherzyka wypełnionego substancją białkową i otoczonego warstwą polisacharydów; zdaje się dzięki temu istnieje kontakt między plazmami komórek, mimo że jamka jest w gruncie rzeczy zatkana. Zatyczki spotyka się głównie u *Florideophycidae*.

Plechy krasnorostów, z wyjątkiem nielicznych gatunków grupy bangiowych, są wielokomórkowe, nitkowate lub parenchymatyczne, liściaste lub skorupiaste. Organizacja plech jest bardzo różnorodna. Charakterystyczny jest układ jednoosiowy i wieloosiowy, zwany też fontannowym.

Plechy krasnorostów mają nieograniczone zdolności regeneracyjne, co ma duże znaczenie ekologiczne, zapewniając im na przykład przeżywanie w postaci fragmentów plech, zimowe lub inne niedogodne warunki. Regularny wzrost i rozrastanie się plech z zachowaniem zawsze typowej formy u regeneratów, sugeruje obecność hormonów wzrostowych. Istotnie, obecność auksyn u krasnorostów wykazali Schiewer i Liebert (1965), zaś giberelin — Jennings i McComb (1967). U *Botryocladia botryoides* Augier (1971) wykazał 5 różnych aktywatorów wzrostu i jeden czynnik hamujący wzrost.

O biologicznych formach wzrostu pisał ostatnio Feldmann (1937, 1951, 1966). Opracował on schemat podobny do schematu Raunkiaera stosowanego do roślin wyższych, opierając go na trwałości plech, usiłując w ten sposób powiązać spektra wykształcenia plech z warunkami poszczególnych siedlisk. Krytycznie do tego schematu ustosunkował się Ernst (1958) i Katada (1963). Zwracają oni uwagę, że schemat ten nie jest dość precyzyjny z przyczyny bardzo dużej różnorodności formy i struktury plech. Mógłby on być użyteczny gdyby było pełne zrozumienie morfogenetyki poszczególnych gatunków oraz wiadomości jak się rozwijają i rosną plechy.

ROZMNAŻANIE

Krasnorosty rozmnażają się płciowo przez oogamię, a także rozmnażają się przez wegetatywne spory lub podziały komórek. Rozmnażanie wegetatywne jest pospolite u bangiowych, u których natomiast rozmnażanie płciowe jest znane tylko u niektórych gatunków (*Bangia*, *Porphyra*).

O rozmnażaniu i historii rozwoju krasnorostów pisano już od początków 19 stulecia, lecz jeszcze do dziś, mimo licznych prac nie wyjaśniono wielu szczegółów, jak na przykład powtarzających się następstw morfologicznych i cytologicznych faz rozwojowych występujących w różnych warunkach środowiskowych. Wiele jest też odmienności od innych kryptogamów i stąd często ta sama nomenklatura dla poszczególnych faz rozwoju, używana u różnych grup glonów, nie zawsze odpowiada stosunkom u krasnorostów.

Znajomość historii rozmnażania i rozwoju danego glonu ma podstawowe znaczenie dla jego biologii i ekologii oraz rozmieszczenia geograficznego. Poznanie sposobów i kierunków rozwojowych u krasnorostów wymaga jednak szczegółowych badań terenowych i laboratoryjnych, gdyż same tylko obserwacje materiałów zebranych ze stanowiska nie dają możliwości prześledzenia całego cyklu rozwojowego. Szczególne trudności napotyka się u krasnorostów słodkowodnych, których występowanie jest bardzo kapryśne, i nader rzadkie są gatunki utrzymujące się przez dłuższy czas na tych samych stanowiskach. Poza cechami morfologicznymi poszczególnych gatunków konieczna jest znajomość spor, gamet, zygot oraz konfrontacja ich czasowego występowania z warunkami środowiska. Istnieją gatunki wieloletnie, które można zbierać i badać w różnych porach roku, są jednak i takie, które pojawiają się jedynie sezonowo i to nie zawsze rok po roku. Dixon (1965) obserwował gatunki z rodzajów *Gelidium* i *Pleurocladia* u wybrzeży Irlandii mające pędy wyprostowane utrzymujące się przez 5 lat, inne natomiast gatunki szybciej przemijały. Długo zachowują się części przyziemne w okresie zimowania lub trwania warunków nie sprzyjających rozwojowi. Knight i Parker (1931) nadali takim gatunkom nazwę pseudowieloletnie. Są one zdolne do przeżywania przyziemnych fragmentów plech w stanie klonalnym, chociaż pojedyncze komórki mogą obumierać. Klony gatunków z rodzaju *Pleurocladia* utrzymano w sztucznej hodowli przez 40 lat, a jeden z gatunków przeżył podobno 130 lat (Dixon 1965). Nie jest obojętne w jakich warunkach środowiska żyją owe przyziemne stadia plech krasnorostów, z których od czasu do czasu wyrastają pędy wyprostowane. Stwierdzono na przykład, że nitkowate stadia *Conchocelis* gatunku *Porphyra* (Bangiowe) żyjące na kamieniach pokrytych piaskiem utrzymywały się z roku na rok, natomiast na kamieniach gładkich nie utrzymywały się (Chemin 1928). Przy dokładniejszych badaniach okazało się, że przyziemne fragmenty tego glonu zachowują się dobrze pod piaskiem, natomiast giną na kamieniach gładkich. Znana jest możliwość odrastania plech z drobnych fragmentów lub nawet z pojedynczych komórek, wiadomo też, że te same gatunki żyjące na krańcach zasięgu geograficznego w odmiennych warunkach środowiskowych, bywają sterylne i rozmnażają się tylko wegetatywnie. Obserwuje się to, między innymi w Morzu Bałtyckim, gdzie większość krasnorostów rozmnaża się płciowo tylko w bardziej zasolonych częściach zachodnich, tuż za przesmykiem przez Cieśniny Duńskie, natomiast już w Zatoce Gdańskiej, a szczególnie w silnie wysłodzonej Zatoce Botnickiej nie rozmnażają się płciowo. Istnieje wiele danych, że krasnorosty przechodzące z morza do wód słodkich tracą rozród płciowy i rozmnażają się tylko wegetatywnie. Przykładem jest pospolity także u nas gatunek *Hildenbrandia rivularis*, rozmnażający się w wodach słodkich wyłącznie wegetatywnie.

Trzeba więc stwierdzić, że u tych samych gatunków krasnorostów rozwój może przebiegać rozmaicie w różnych warunkach środowiskowych i że znane modele dla glonów w ogóle, mogą nie mieć powszechnego znaczenia. Szczegółowe badania rozrodu i rozwoju plech krasnorostów są więc nadal niezbędne i muszą być prowadzone zarówno na materiale zebranym w przyrodzie, jak i w laboratorium.

Krasnorosty właściwe (*Florideophycidae*) rozmnażają się jak już wspomniano, płciowo przez oogamię. Organy żeńskie — karposporangia i męskie — spermatangia, opisywali już Bornet i Thuret w roku 1867, uzupełniali zaś późniejsi autorzy. Karpogon wyrasta z jednej z komórek wegetatywnych plechy i składa się z kilku komórek, z których szczytowa jest w dolnej części rozszerzona, w górnej wydłużona w różnie długi wyrostek zwany trychoginem (włostkiem). Część dolna zawiera jądro generatywne, trychogin jest zaś organem, do którego przyklejają się plemniki unoszone biernie przez wodę. U *Batrachospermum* na przykład (rys. 1) karpospory wyrastają z komórek węzłowych okółków lub z bocznych pędów gałązek okółkowych. W tym ostatnim przypadku mają one zwykle więcej komórek i tworzą boczne odgałęzienia przedstawiające w całości osobny boczny pęd o ograniczonym wzroście.

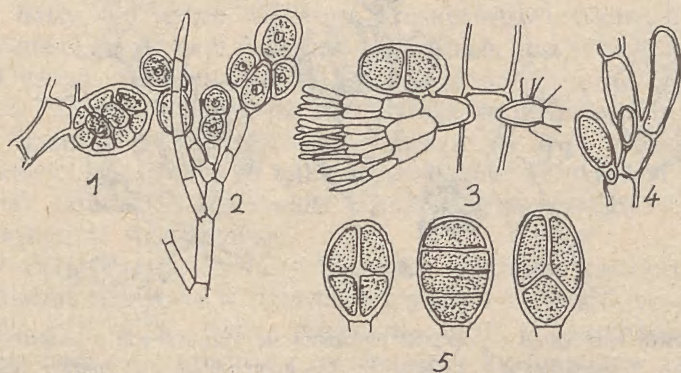
Męskie organa rozmnażania — spermatangia tworzą się po zewnętrznej stronie plechy, na przykład u *Batrachospermum* ze szczytowych komórek pędów okółkowych (rys. 1). Z komórki przekształconej w plemnię wydostaje się po pęknięciu błony jeden nagi plemnik unoszący się w wodzie i łatwo



Rys. 1. 1 — Rozwój karpogonu i początek tworzenia się karposporofitu u *Batrachospermum moniliforme*. 2-4 — *B. capensis*: 2 — karpogony, 3 — gonimoblast pod małym powiększeniem i obok fragment nici z karposporami, 4 — anteridia, 5, 6 — *Sirododia suecica*: 5 — karpogon, 6 — nici sporogeniczne z karposporami

przyklejający się do trychoginu. W miejscu osadzenia się plemnika błona trychoginu rozpuszcza się i jądro może przewędrować do rozszerzonej części karpogonu. Równocześnie nagi plemnik po osadzeniu się na trychoginie otacza się błoną, a po przewędrowaniu jego jądra i połączeniu się z jądrem karpogonu, przerywa się połączenie plazmatyczne z rozszerzoną częścią karpogonu, która pełni funkcję jaja. Nie jest to typowe jajo, gdyż nie oddziela się od ścian komórki jak to się dzieje u innych glonów. Po zapłodnieniu zygota pozostaje w gametangium i rozpoczynają się podziały tegoż prowadzące do powstania karposporofitu. Jest to najpierw bulwkowate skupienie komórek, z którego wyrastają krótkie pędy rozgałęziające się dychotomicznie, tworzące w szczytowych komórkach karposporangia. Rozwinięty karposporofit tworzy w całości zwarte ugrupowanie karposporangiów zwane gonimoblastem. Zatem na haploidalnym gametoficie rozwija się nowe pokolenie diploidalne, pasożytujące na nim, przedstawiające nową fazę w rozwoju krasnorosta. U niektórych gatunków gonimobasty są drobne, rozwijają się z nici wyrastającej z zapłodnionego karpogonu, płózającej się poziomo wzdłuż plechy (na przykład *Sirodotia*). Interesujące jest wspomaganie rozwoju karposporofitów przy pomocy komórek pomocniczych. Zapłodnione gametangium łączy się przed wytwarzaniem gonimoblastów z sąsiednią komórką wegetatywną bezpośrednio, lub czasem za pomocą osobnej nici. Komórki pomocnicze, z którymi łączą się komórki zapłodnione funkcjonują tylko jako zasilacze pokarmów, ich jądra bowiem nie łączą się z jądrami komórek karpogonu. Proces zasilania tworzących się karposporofitów przebiega rozmaicie u poszczególnych gatunków. Tak samo karposporofity względnie gonimoblasty mają rozmaity wygląd, a niekiedy są osłonięte perikarpem lub cystokarpem (rys. 6).

Rozmnażanie bezpłciowe odbywa się przede wszystkim za pomocą rozmaitego rodzaju spor. Na sporofitach wyrastających z kiełkujących karpospor rozwijają się sporangia produkujące diploidalne spory (rys. 2). Rozróżnia się monosporangia, zawierające jedną sporę, tworzące się u *Batrachospermales* i *Nemaliales* na niciach szantransii wykiełkowanej z karpospory, lub rzadziej



Rys. 2. Sporangia: 1 — parasporangium, 2 — seiosporangium, 3 — bisporangium, 4 — monosporangium, 5 — tetrasporangia: krzyżowe, strefowe, tetraedryczne

także na pędach okółkowych gametofitów na przykład u *Batrachospermum sporulans*, *B. vagum* i niektórych innych gatunków; wtedy są one haploidalne. Znane są też bisporangia u *Coralinaceae* i *Ceramiceae*, gdzie występują osobno lub łącznie z tetrasporangiami (Fritsch 1945) polisporangia i parasporangia, zawierające więcej niż 4 spory. Drew (1937, 1939) twierdzi, że polisporangia są homologiczne z tetrasporangiami i że przed ich tworzeniem się następuje mejoza, natomiast parasporangia nie są homologiczne z tetrasporangiami i przed ich tworzeniem się nie następuje mejoza. Tetrasporangia spotyka się najczęściej u krasnorostów. Są one rozmieszczone na plechach bocznie lub szczytowo, przy czym oczywiście w plechach diploidalnych nitkowatych umieszczone są na końcach nici, zaś w plechach skorupiastych zagłębione są w różnych częściach plechy w tak zwanych conceptaklach. Pojedyncze spory ułożone są w tetrasporangiach krzyżowo, poziomo lub tetradycznie (rys. 2). Tworzą się po podziale redukcyjnym (Yamanouchi 1906), ale mogą powstawać również bez podziału redukcyjnego (Suneson 1950). Uwalnianie się spor następuje po pęknięciu ścianki sporangium.

PODZIAŁ SYSTEMATYCZNY

Krasnorosty dzielą się na dwie wyraźne klasy: *Bangiophycidae* i *Florideophycidae*. Panującą grupą są *Florideophycidae*, których przedstawiciele występują głównie w morzach i mają ok. 76 rodzajów oraz ok. 5000 gatunków. Klasa *Bangiophycidae* obejmuje głównie rodzaje słodkowodne, w sumie ok. 26.

BANGIOPHYCIDAE DE TONI 1897. BANGIOWE

Głony jednokomórkowe lub wielokomórkowe, częściej jednak wielokomórkowe, tworzące nieregularne zgrupowania komórek lub plechy nitkowate, jedno- lub wielorzędowe, ale także plechy płaskie, liściaste (*Porphyra*). Komórki są zawsze jednojądrowe, chromatofor pojedynczy, osiowy, gwiaździsty, a tylko wyjątkowo spotyka się chromatofory przyścienne, płytkowate (*Goniotrachopsis*, *Rhodospira*). Podziały komórek przebiegają przeważnie interkalarne, a tylko wyjątkowo u *Rhodochaete* spotyka się wzrost szczytowy. Pomiedzy komórkami nie ma jamek z zatyczkami, wyjątek stanowi tylko faza wzrostu *Porphyra* zwana *Conchocelis*. Znane jest głównie rozmnażanie wegetatywne, rozród płciowy znany jest u *Rhodochaete*, *Bangia* i *Porphyra*. Rzędy: *Porphyridiales*, *Compsopogonales* i *Bangiales*.

PODKLASA FLORIDEOPHYCIDAE LAMOUROUX 1813. KRASNOROSTY WŁAŚCIWE

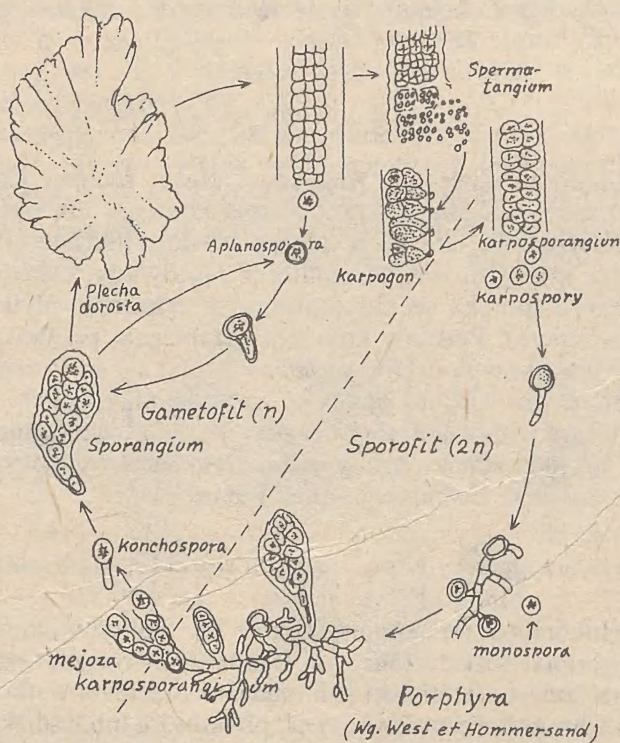
Plechki wielokomórkowe, monosyfonalne lub polysyfonalne (fontannowe), zwykle różnorodnie rozgałęzione lub rzadziej nierozgałęzione, nitkowate, skorupiaste lub liściaste. Komórki jednojądrowe, rzadziej trafiają się komórki wielojądrowe. Chromatofory przyścienne, płytkowate lub wstążkowate, jedynie u *Nemaliales* spotyka się też chromatofory gwiaździste. Niekiedy chromato-

fory dzielą się na pojedyncze fragmenty. Normalnie panuje wzrost szczytowy, natomiast wzrost interkalarny spotyka się rzadko w płaskich plechach u *Corallinaceae* i *Delesseriaceae*. Obok rozrodu płciowego odbywa się rozmnażanie bezpłciowe za pomocą rozmaitego rodzaju spor. Przeważają gatunki morskie, a gatunki śródlądowe (słodkowodne) stanowią jedynie 3,4%. Wśród tych ostatnich najliczniejsze są gatunki *Batrachospermum*, stanowiące ok. 41% wszystkich innych gatunków słodkowodnych. Rzędy: *Batrachospermales*, *Palmeriales*, *Nemaliales*, *Gelidiales*, *Bonnemaisoniales*, *Cryptonemiales*, *Coralinales*, *Gigartinales*, *Rhodymeniales*, *Ceramiales*.

HISTORIA ROZWOJU BANGIOWYCH

Pełne dane dotyczące historii rozwoju bangiowych znane są tylko dla rodzajów *Porphyra* i *Bangia*. Interesujący jest szczególnie cykl rozwoju *Porphyra* (*Porphyra tenera*) (rys. 3), gatunku hodowanego na pokarm, bodaj od 17 wieku, w płytkich zatokach morskich w Japonii, Korei i Chinach. Mimo dawnej praktyki hodowlanej, rozwój pełny gatunku *Porphyra tenera* i niektórych innych poznano szczegółowo dopiero niedawno.

Dorosłe, liściaste plechy *P. tenera* występują w Japonii w okresie jesienno-zimowym, głównie od września do marca. Są one jednodomowe,



Rys. 3. Cykl rozwojowy *Porphyra*

choć spotyka się też rośliny wyłącznie męskie. Spermatangia powstają w komórkach vegetatywnych plechy, przy czym w jednej komórce plemni powstaje drogą podziałów 64-128 drobnych plemników, które po ześluzowaceniu spermatangiów uwalniają się do wody. Plemnik jest drobnym, nagim protoplastem zawierającym jądro i ślady chromatoforów. Plemniki przyczepiają się do krawędzi liści plechy zawierającej karpogony. Karpogony podobne są do komórek vegetatywnych plechy, na której się tworzą. W niektórych tylko przypadkach obserwowano na szczytach komórek, odpowiadających komórkom jajowym, drobne uwypuklenie, do którego przyklejają się plemniki. Po zapłodnieniu powstaje diploidalny karpogon wytwarzający drogą licznych podziałów karpospory uwalniające się po ześluzowaceniu błon karposporangiów. Uwolnione karpospory kiełkują w nitkowate, rozgałęzione plechy płożące się na podłożu. Były one od dawna znane i uważane za osobny gatunek *Conchocelis rosea* (Drew 1949, 1954), stanowią jednak jak się okazało diploidalny sporofit *Porphyra*, który może produkować monospory kiełkujące w podobne nitkowate plechy lub też tworzące w pewnych warunkach sporangia — konchosporangia — produkujące po podziale redukcyjnym haploidalne konchospory, z których rozwijają się już plechy liściaste. Na plechach liściastych rozwijają się spermatangia i karpogonia, a obok tego, szczególnie na młodych plechach, mogą się tworzyć aplanospory, z których rozwijają się z powrotem plechy liściaste (rys. 3).

Kompletny cykl rozwoju *Porphyra* opisał Hollenberg (1958), a podobny wzór rozwoju dla *Bangia* ustalili Richardson i Dixon (1968). Mejozę w komórkach konchosporangiów wykazali: Giraud i Magne (1966), Migita (1967) i Kito (1974, 1978).

Interesujący jest związek faz rozwoju *Porphyra tenera* z długością dnia (fotoperiodyzm). Konchosporangia tworzą się przy oświetleniu trwającym 8 godzin, przestają zaś tworzyć się przy oświetleniu trwającym 10-14 godzin. Istnieją dane, że powstawanie konchosporangiów w okresie krótkiego dnia jest sterowane przez fitochrom, podobnie zatem jak u roślin wyższych (Drink 1967, Kuroki 1981, Renschler 1967).

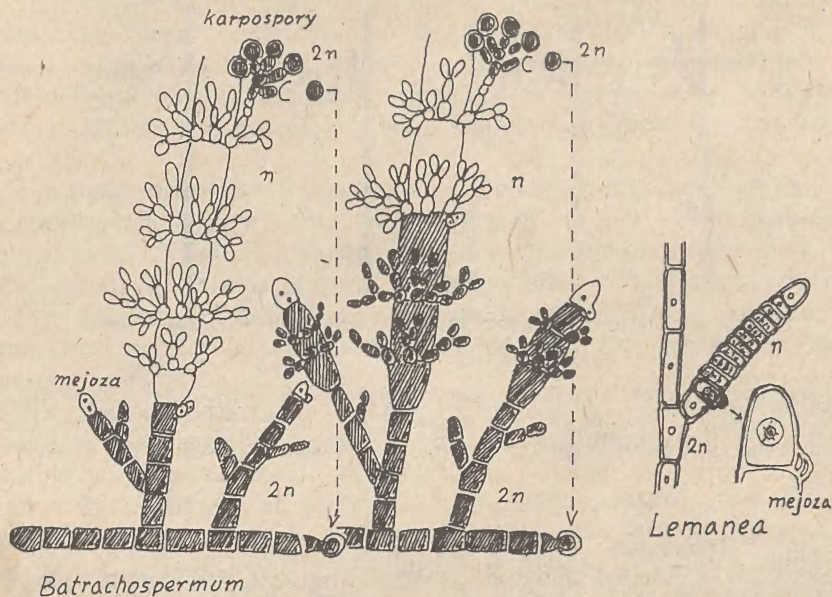
Bangia atropurpurea ma podobny rozwój. Rośliny rosnące w morzach wytwarzają spermatangia i karposporangia (Sheat i Cole 1980), natomiast rośliny tego samego gatunku żyjące w wodach słodkich tworzą tylko monosporangia.

HISTORIA ROZWOJU KRASNOROSTÓW WŁAŚCIWYCH

O rozwoju plech u krasnorostów pisał już Stackhouse (1795-1801), lecz tworzenie się gamet, a po zapłodnieniu karpospor, wykazali dopiero Bornet i Thuret (1867). Proces mejozy u krasnorostów wykazał pierwszy Yamanouchi (1906), badając tworzenie się tetraspor w tetrasporangiach *Polysiphonia flexicaulis* (*P. violacea*). W dalszych, długotrwałych badaniach stwierdzono na podstawie obserwacji terenowych i sztucznych kultur istnienie u krasnorostów 3 faz rozwoju plech, mianowicie plechy gametangialne, karposporangialne i terasporangialne. Pierwsza z nich jest haploidalna, dwie

następne diploidalne, przy czym faza karposporangialna rozwija się w połączeniu z fazą gametangialną, pasożytując na niej. Morfologiczne, najczęściej odmienne od siebie formy poszczególnych faz wykazano na materiałach zbieranych w terenie i na podstawie badań cytologicznych. W kulturach laboratoryjnych krasnorostów, chociaż dają się łatwo hodować nawet przez szereg lat, z trudem udaje się doprowadzić do wytwarzania gamet i jeszcze dotąd nie udało się doprowadzić do wytworzenia karpospor. Stwierdzono na przykład, że u gatunku *Pleonosporium boveri* rozwijały się z karpospor, w miejsce tetrasporangiów, diploidalne polisporangia. U *Plumatella elegans* z karpospor rozwija się gametangium, tetrasporangium i jeszcze w dodatku parasporangium, które jest triploidem (Drew 1939). Powstają zatem z karpospor 3 niezależne od siebie i morfologicznie nie podobne do siebie rośliny. Podobne typy rozwoju wykazano i u innych gatunków, a szczególnie w rodzinie *Ceramiaceae*, lecz w tym przypadku dane te nie były potwierdzone badaniami cytologicznymi. Jądra krasnorostów są bardzo drobne, przeważnie mają nie więcej niż 5 μm średnicy, wskutek czego liczenie chromosomów, gdy jest ich jak na przykład u *Ceramiaceae* dużo ($n = 20-40$), jest bardzo utrudnione. Drew (1943) podawał w gametoficie *Spermathamnion repens* do 90 chromosomów, a nawet 120, co jednak jest kwestionowane. Hassinger-Hutzinger (1952) stwierdził, że u *Callithamnion corymbosum* kiełkujące tetraspory dają rośliny spermatangialne i karposporangialne, lecz niektóre tetraspory kiełkowały znowu tylko w rośliny tetrasporangialne. Sundene (1962) wykazał, że u *Antithamnion boreale* przez 3 pokolenia rozwijały się tylko rośliny tetrasporangialne, a w naturze nie znaleziono w ogóle u tego gatunku roślin gametangialnych. U *Antithamnion occidentale* z tetraspor kiełkują rośliny męskie, a zaś u *A. pygmaeum* wyrastają z tetraspor rośliny karpogonialne, na których tworzą się również tetrasporangia, z których spor kiełkują rośliny żeńskie.

Obserwowane przypadki wskazują więc na duże odmienności w rozwoju krasnorostów i prawie dla każdego gatunku trzeba sprawdzać jak przebiega jego rozwój, prowadząc zarówno badania terenowe jak i laboratoryjne. Przypuszczano, że u *Nemaliales* w ogóle brak fazy tetrasporangialnej, jednak nowsze badania Magne (1964, 1967) wykazały, że i w tym rzędzie spotyka się rośliny gametangialne i tetrasporangialne, lecz mają one inny wygląd. W ostatnich latach nagromadzono już wiele obserwacji o rozwoju różnych rodzajów krasnorostów, lecz w większości przypadków nie są dokładnie znane dane cytologiczne, szczególnie w odniesieniu do położenia mejozy. Na ogół uważa się, że mejoza odbywa się w tetrasporangiach (Stosch 1965, Ramus 1969), ale Magne (1967) stwierdził, że mejoza u *Lemanea* odbywa się w szczytowej komórce nici diploidalnej wykiełkowanej z karpospory. Tam po pierwszym podziale odcina się z boku komórki szczytowej mała komórka, która reprezentuje mejosporę poronioną, natomiast większa komórka jest mejosporą żywotną, która daje początek pędowi haploidalnemu (rys. 4). Podobnie jest u *Batrachospermum* (Stosch i Theil 1979). W tym przypadku na diploidalnych niciach *Chantransia*, wykiełkowanych z karpospor, powstaje bez wyraźnej granicy pęd haploidalny czyli gametofit po mejozie somatycznej, następującej w pewnym czasie w komórkach szczytowych (rys. 4). Podobne



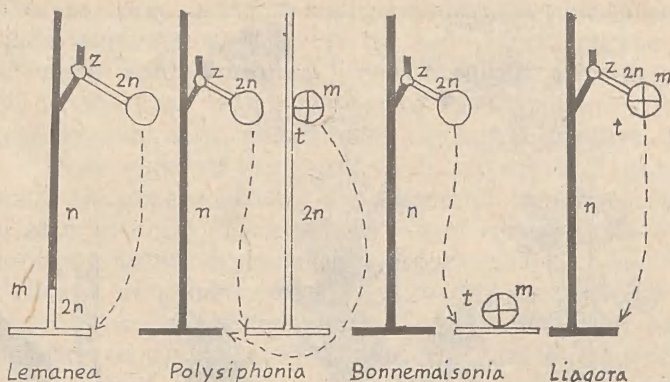
Rys. 4. Schemat cyklu rozwojowego *Batrachospermum* i *Lemanea*. Części zakreskowane odpowiadają części diploidalnej plechy (2n), części jasne — haploidalnej (n). Karpospora kiełkuje w nici *Chantrelaria*, której szczytowe komórki przechodzą w pewnych warunkach podział redukcyjny, po czym jedna mejospora staje się komórką szczytową gametofitu. Pęd *Lemanea* rozwija się jako boczne odgałęzienia na *Chantrelaria*, z boku — powiększona komórka szczytowa *Chantrelaria* po przejściu mejozy; z boku widoczne są zanikające dwie boczne mejospery. (według Sheath 1984 i Magne 1967)

obserwacje podali Hurdelbrink i Svantes (1972), Balakrishnan i Chau-gule (1980), Thirb i Benson-Evans (1982, 1983).

Hildenbrandia prototypus (morska) tworzy tylko tetrasporangia w zagłę-bieniach plechy (w conceptaklach), z których spory kiełkują znowu w skorupiate plechy nie tworzące jednak gamet. Dixon (1963) przypuszcza jednak możliwość tworzenia się u tego gatunku form gametangialnych i karpospo-rangialnych, których dotąd nie odkryto. *Hildenbrandia prototypus* rośnie we wszystkich morzach Świata, możliwe więc jest, że przy tak szerokim roz-mieszczeniu istnieją warunki, w których mogą się rozwijać różne formy.

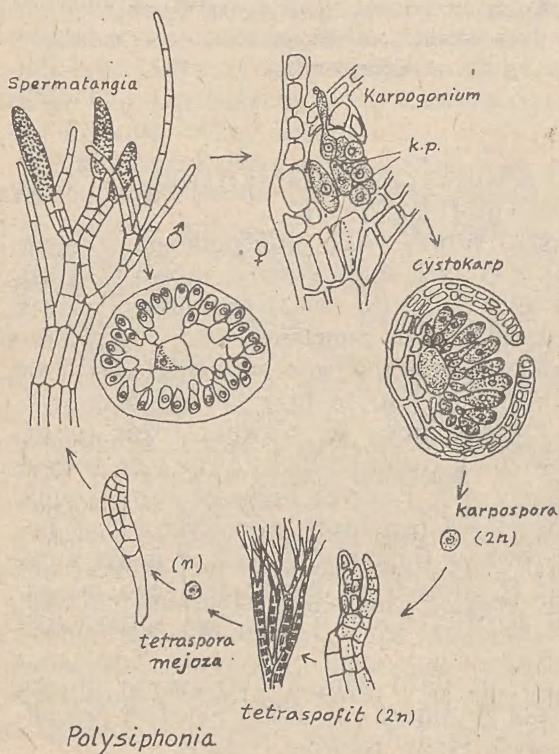
Hildenbrandia rivularis (słodkowodna), rozmieszczona również na wszyst-kich kontynentach Świata, nie tworzy spor i innych organów rozmnażania, rozmnaża się tylko za pomocą rozmnożek (gemmae) tworzących się na po-wierzchni plechy oraz może regenerować z fragmentów plech, a nawet z po-jedynczych komórek. Uważa się, że *H. rivularis* jest przykładem tego, jak ga-tunki moskie po przewędrowaniu do wód słodkich zmieniają sposób roz-mnażania.

W ostatnich 30 latach zebrano już dużo danych dotyczących historii rozwoju gatunków krasnorostów, tak że można już dziś z pewnym przybli-żeniem podać schematy podstawowych typów rozwoju (rys. 5).



Rys. 5. Schemat głównych kierunków rozwoju krasnorostów: typy — *Lemanea*, *Polysiphonia*, *Bonnemaisonia*, *Liagora*; m — mejoza, n — gametofit, 2n — sporofit, z — zapłodnienie, t — tetraspory, część zaczerńniona — gametofit, część jasna — sporofit. Według Dixona (1973)

1. Typ **Polysiphonia**. W rozwoju tej grupy tworzą się po sobie fazy: gametangialna, karposporangialna i tetrasporangialna. Rośliny pierwszej i trzeciej fazy są do siebie podobne, natomiast faza karposporangialna rozwija się (pasożytuje) na haploidalnym gametoficie. Mejoza odbywa się w terasporangiach, z tetraspor powstają haploidalne gametofity.



Rys. 6. Cykl rozwojowy *Polysiphonia*

2. Typ **Lemanea**. Fazy gametangialna i sporangialna są do siebie niepodobne, faza karposporangialna pasożytuje na gametoficie, z diploidalnych karpospor rozwija się roślina zwana *Chantransia* (*pseudochantransia*), rozmnażająca się za pomocą monospor, obok tego tworząca w pewnym okresie w komórce szczytowej, po mejozie somatycznej, pęd haploidalnego gametofitu.

3. Typ **Bonnemaisonia**. Tworzą się fazy: gametangialna, karposporangialna i tetrasporangialna, przy czym wszystkie trzy są do siebie niepodobne morfologicznie. Na haploidalnym gametoficie pasożytuje karposporofit, z którego spor rozwija się roślina płoząca się na podłożu, produkująca tetraspory.

4. Typ **Liagora**. Z karpospory rozwija się faza tetrasporangialna niepodobna do gametofitu, a z tetraspory po mejozie rozwija się znowu haploidalny gametofit.

5. Nie jest w pełni znany rozwój *Corallinaceae* i *Hildenbrandiaceae*. W tej grupie krasnorostów znane są tylko tetrasporangia a u *Hildenbrandii* słodkowodnej tylko rozmnożki (diaspory).

Prawie do ostatnich lat podział systematyczny krasnorostów wzorował się na opracowaniu Kylina z roku 1956. Nowsze badania spowodowały jednak pewne zmiany oparte na danych o historii rozwoju i ultrastrukturze niektórych gatunków. Wprowadzono nowe rzędy: *Batrachospermales* i *Bonnemaisoniales* (Chichara i Yoshitaki 1972) oraz uściślono opis rzędu *Gelidiales* (Pueschel i Cole 1982).

Kreując rząd *Batrachospermales* podkreślono obecność mejozy somatycznej (Magne 1967, Stosch i Theil 1979, Balakrishnan i Chaugale 1980), która odbywa się w komórkach szczytowych szantransii czyli fazy diploidalnej plechy. Jedynym, zresztą trudno widocznym śladem mejozy jest odcięcie błoną drobnej bocznej komórki, która następnie zanika. Cechą rzędu jest ponadto: tworzenie karpospor w utworach zwanych gonimoblastami, płytkowate chromatofory bez pirenoidów, zatyczki w jamkach pomiędzy komórkami mające po obu stronach kopułki oraz heterotrychalna organizacja plech. Rząd obejmują 3 rodziny:

1a. Plechy o konstrukcji wieloosiowej — *Thoreaceae*.

1b. Plechy o konstrukcji jednoosiowej.

2a. Osłona plechy luźna, galaretowata — *Batrachospermaceae*.

2b. Osłona plechy (okorowanie) pseudoparenchymatyczna, plecha szczeciniasta — *Lemaneaceae*.

Na rozwój *Batrachospermum* wpływa światło i temperatura. Gametofity na niciach *Chantransia* tworzą się gdy woda ma temperaturę poniżej 15°C i długość dnia przekracza 15-16 godzin (Yoshida 1959). Wtedy na szczytach nici *Chantransia* tworzy się ok. 40% gametofitów, natomiast przy 14-godzinnej długości dnia już tylko 1-4%. Huth (1979) określił, że rozwój gametofitów u *Batrachospermum* zależy od synchronizacji szerokości geograficznej, fotoperiodyzmu i temperatury. U *Lemanea fluviatilis* w kulturach prowadzonych in situ, optimum tworzenia się mejozy w komórkach szczytowych *Chantransia* i formowanie się gametofitów następuje przy temperaturze 4,5-6°C, zanika przy 15°C.

Rząd *Bonnemaisoniales* (Feldmann 1952) został wyodrębniony głównie na podstawie odmiennej morfologii trzech faz: gametangialnej, karposporangialnej i tetrasporangialnej.

Rząd *Gelidiales* cechuje się isomorficzną zmianą pokoleń. Karpogonium po zapłodnieniu zlewa się przed tworzeniem nici karposporangialnych z komórką podstawową, lub nawet z komórką przylegającą do komórki podstawowej (Pueschel i Cole 1982, Santelius 1974, 1977).

KRASNOROSTY SŁODKOWODNE

Zestawienie słodkowodnych rodzajów krasnorostów podał Sheat (1984). Znane są następujące rodzaje:

Bangiophycidae

Porphyridiales: *Chroodactylon* Hansg. 1 gatunek, *Chroothece* Hansg. 3 gat., *Cyanidium* Geitler 1 gat., *Flintiella* Ott 1 gat., *Kyliniella* Skuja 1 gat., *Phragmonena* Zopf. 1 gat., *Porphyridium* Nag. 4 gat., *Rhodospira* Geitler 1 gat.

Bangiales: *Bangia* Lyngb. 1 gatunek.

Erythropeltoides: *Boldia* Lyngb. 1 gatunek, *Compsopogon* Montagne 11 gatunków.

Florideophycidae

Batrachospermales: *Batrachospermum* Roth, ok. 74 gatunki, *Balbiana* Lenorm. 2 gat., *Sirodotia* Kylin 14 gat., *Lemanea* Bory 17 gat., *Nemalionopsis* Skuja 1 gat., *Nothocladus* Skuja 4 gat., *Tuomeya* Harvey 2 gat.

Nemaliales: *Audouinella* Bory ok. 17 gatunków.

Hildenbrandiales: *Hildenbrandia rivularis* 1 gatunek.

Ceramiales: *Ballia* Gay 3 gatunki, *Bostrychia* Montagne 4 gat., *Caloglossa* J. Ag. 2 gat., *Laurentia* Lamour. 2 gat. *Ptilothamnion* Skuja 1 gat., *Sterrocladia* Montagne 1 gat.

Przynależność bangiowych do krasnorostów utrwalona została ostatecznie dopiero po badaniach Kylina (1930) dotyczących składu barwników w chromatoforach. Wcześniej uważano, że ta grupa glonów jest pokrewna raczej zielenicom i stanowi jakąś ślepo kończącą się grupę *Prasiolaceae* (Berthold 1882, Setchell i Gardner 1920, Oltmanns 1922). Bangiowe wiąże z krasnorostami obecność fikobilin w chromatoforach, obecność nagich plemników przenoszonych przez wodę, rozwój karpogonów. Z powodu niższego rozwoju plech w stosunku do krasnorostów właściwych, niektórzy autorzy traktują bangiowe jako „*Protofloridae*” (Kolderoup-Rosenvinge 1909).

Jeszcze do połowy ubiegłego stulecia istniał pogląd, że krasnorosty i sinice są sobie pokrewne. Obecnie różni autorzy, szczególnie Geitler (1944), są zdania, że są to organizacyjnie bardzo różne grupy i nie może być między nimi pokrewieństwa mimo istnienia wspólnych barwników. Kylin (1943) zwraca jednak uwagę, że obok barwników niektóre cechy biochemiczne wskazują na pewne powiązania między sinicami i krasnorostami. Klein (1970) sądzi, że pomostem mógłby być rodzaj *Cyanidium*, zaliczany pierwotnie

do sinic, od niedawna przeniesiony do krasnorostów po stwierdzeniu obecności chromatoforów. Ostatecznie ustalil się w pewnym stopniu kompromisowy pogląd, że sinice i krasnorosty rozwinęły się z jakiegoś wspólnego przodka mającego cechy pośrednie i następnie dość wcześnie oddzieliły się od siebie. Christensen (1962) umieszcza krasnorosty jako grupę przejściową między sinicami i innymi glonami. Skuja (1938), rozważając źródła pochodzenia krasnorostów żyjących w wodach słodkich, twierdzi, że gatunki posiadające w chromatoforach przewagę niebieskiego fykocjanu pochodzą od sinic, zaś te, które mają przewagę fykoerytryny i barwy czerwone, są migrantami z mórz do wody słodkiej. Do typowych migrantów należy *Bangia atropurpurea* i *Hildenbrandia rivularis*, także *Audouinella hermannii* (*Chantransia violacea*) oraz często spotykany u nas *Chroodactylon ramosum*. Należą też do nich nie spotykane w naszym kraju rodzaje: *Bostrychia* i *Caloglossa*. Strefę przejściową dla wędrowek stanowią wody słonawe przy ujściach rzek. Stwierdzono na przykład, że typowo słodkowodne gatunki *Batrachospermum*, a także *Lemanea fucina* znoszą przy ujściu rzeki Oyster w New Hampshire (USA) zasolenie dochodzące do 25‰, stąd wniosek, że istnieją również wędrowki obustronne.

W morzach rosną krasnorosty na głębokości 0-60, a czasem do 100 m, w wodach słodkich głównie w ocienionych potokach i rzekach, rzadziej w jeziorach, gdzie spotyka się je jeszcze na 40 m głębokości. Są to rośliny wyraźnie cieniolubne, doskonale wykorzystujące słabe światło, natomiast źle znoszą silne naświetlenie; na przykład po wycięciu drzew nad potokami zawsze giną. Największą liczbę gatunków spotyka się w ciepłych morzach, gdzie występują również w falujących wodach przybrzeżnych, podczas gdy w strefach umiarkowanych i zimnych występują raczej w głębszych warstwach wody. Na występowanie ich oddziałują jak się zdaje zwiększająca się z szerokością geograficzną długość dnia. Są to przeważnie rośliny wielokomórkowe, skorupiaste lub liściaste, barwa ich zależy od stosunku ilościowego barwników w chromatoforach, zielonego chlorofilu, pomarańczowych karotenoidów, czerwonej fykoerytryny i niebieskiego fykocjanu. Szczególnie w wodach słodkich krasnorosty mają przeważnie barwy zielonkawe, oliwkowe, rzadziej czerwone, najwyżej fioletowe. Nazwa „krasnorosty” nie zawsze zatem jest usprawiedliwiona. Z barwą wiąże się zjawisko adaptacji chromatycznej (Engelmann 1883), teoria, według której barwy krasnorostów przystosowują się do panującego w wodzie światła. W głębi wód, gdzie panuje światło niebieskozielone, a promienie czerwone zanikają, glony mają barwy czerwone jako uzupełniające. Teoria ta jest jednak ostatnio krytykowana. Panuje przekonanie, że barwa i pionowe rozmieszczenie krasnorostów wiąże się raczej z ilością niż jakością światła (Ramus 1983).

Krasnorosty słodkowodne występują głównie w rzekach, także w strefie falowania wód stojących (Kumano 1980, Sheat i Hynes 1980). Z obserwacji Hornera i Welsa (1981) wynika, że krasnorosty znoszą dobrze prąd wody 20-50 cm/sek, jednak gatunki *Batrachospermum* bywają najliczniejsze w potokach o szybkości prądu ok. 12 cm/sek. (Minckley i Tindall 1963). *Batrachospermum vagum* i inne gatunki tej grupy występują również w zatorfionych wodach stojących. Różne gatunki *Lemanea* wraz z rosnącym

na nich prawie zawsze epifitycznym gatunkiem *Audouinella* (*Chantransia*) *hermannii* znosi prąd o szybkości 5 m/sek, (Israelson 1942, Whitton 1975). Prąd wody jest ważnym czynnikiem ekologicznym, zaopatruje bowiem osiadłe glony w pokarmy i gazy (Whitford 1960, Sheat i Burkholder 1980 i inni).

W potokach i mniejszych rzekach światło, jako zawsze niezbędny warunek fotosyntezy, bywa zmienne i zależy od zacinienia przez przybrzeżne drzewa oraz od szerokości i głębokości rzeki. Wpływ zacinienia badali Vannote i in. (1980). Stwierdzają oni, że poszczególne gatunki krasnorostów wymagają różnych ilości światła. *Batrachospermum moniliforme* znosi na przykład szeroki zakres oświetlenia, ale *B. macrospermum* i *B. vagum* wymaga znacznego zacinienia. Stadium *Chantransia* gatunków z rodzaju *Batrachospermum* może żyć w dużym ocienieniu, a nawet przez pewien czas w ciemności (Sheat i in. 1979), jednak chromatofory tych glonów ulegają w ciemności fragmentacji, a ich blaszki (tylakoidy) powiększają się (Brown i Weier 1968).

Krasnorosty podlegają wyraźnie wpływom długości dnia. Sheat i Burckley (1980) badali korelację między oświetleniem stanowisk i rozwojem plech u *Batrachospermum*. Różne gatunki tego rodzaju rozwijały się maksymalnie w różnych miesiącach; ogólnie najkorzystniejszy był koniec wiosny i początek lata. Występowanie poszczególnych gatunków wiąże się też z szerokością geograficzną i wysokością nad poziomem morza oraz z temperaturą wody. Pewne gatunki są przywiązane do okolic tropikalnych i subtropikalnych, inne do stref umiarkowanych. Spotyka się krasnorosty do 70° szerokości geograficznej i do ponad 1000 m nad poziomem morza. Israelson (1942) spotykał w Szwecji w potokach do wysokości 800 m n.p.m. krasnorosty w 90-95% potoków, natomiast powyżej 1000 m n.p.m. występowała tylko *Lemanea undulata* i *Audouinella hermannii*. W wysokich górach Afryki i Ameryki Północnej *Lemanea* i *Batrachospermum* występują pospolicie (Palmer 1941, 1943, Hynes 1970). W Andach na większych wysokościach spotyka się *Batrachospermum vagum* i *B. testale* (Parker i in. 1973); Kremer (1983) podaje, że maksimum fotosyntezy u *Batrachospermum* i *Lemanea* przebiega w temperaturze do 15°C. Krasnorosty te więc spotyka się w górnym biegu rzek, gdyż niżej temperatura wody silniej wzrasta. Ciepłowodne gatunki rodzaju *Compsopogon* mają największe wartości fotosyntezy przy temperaturze 30-35°C. W klimacie umiarkowanym glony te spotyka się jedynie w szklarniach, niekiedy także w kanałach z wodą podgrzewaną przez przemysł.

Krasnorosty rosną w zakresie pH 4-9, przy czym pH 5-6 sprzyja szczególnie ich występowaniu (Israelson 1942, Sheat i Hymes 1983, Kumano i Vatanabe 1983). *Compsopogon coeruleus* rozwija się jednak jeszcze przy pH 10 (Sinha i Srivastava 1979).

Gatunki *Batrachospermum* i *Lemanea mamilliosa* wykorzystują jedynie wolny CO₂, a nie korzystają z dwuwęglanów (Ruttner 1960, Raven i Beardall 1981, Raven i in. 1982).

Krasnorosty spotyka się w wodach o niskiej zawartości biogenów; występują one na przykład w wodach zawierających mniej niż 1 mg/l P, (Holmes i Whitton 1977, Steubing i in. 1983), mogą one jednak znosić również wahania od 5-15 mg/l PO₄.

Wykazano, że krasnorosty słodkowodne znoszą znaczne ilości metali ciężkich w wodzie. Whitton i in. (1981) polecają szereg gatunków krasnorostów jako wskaźników obecności nadmiaru metali ciężkich w wodach.

Krasnorosty żyjące na dnie rzek i potoków spasane bywają przez larwy ochotkowatych i inne, jak również przez ślimaki, jednak nie stwierdzono by zjadanie plech przez zwierzęta hamowało ich rozwój. Istnieją dane, że na przykład larwy ochotkowatych przyczyniają się do rozprzestrzeniania się łatwo regenerujących plech *Hildenbrandia rivularis* (Rider i Wagner 1972).

Wśród epifitów rosnących na krasnorostach dominują okrzemki (Sheat i Hymes 1980). Sporo gatunków sinic, drobnych zielenic i złotków spotyka się w galaretowatych otoczkach plech *Batrachospermum*. Krasnorost *Balbiana investiens* rośnie tylko na plechach różnych gatunków *Batrachospermum*. Na szczeciniastych pędach *Lemanea* stałym epifitem jest *Audouinella hermannii*. Hartog (1959) i Hart (1983) zwracają uwagę na możliwość istnienia współzawodnictwa między *Batrachospermum moniliforme* i zielenicy *Chaetophora incrassata* rosnących najczęściej obok siebie. Niektóre gatunki, jak *Chantransia* i *Batrachospermum* spotyka się na muszlach ślimaków.

W ostatnich latach sporo prac poświęcono studiom ultrastruktury bangiowych i krasnorostów właściwych. Spośród bangiowych często badany był rodzaj *Porphyridium* (Lin i in. 1975, Sheat i in. 1979). Komórki wegetatywne szantransii badali Hymes i Cole (1983), komórki wegetatywne *Batrachospermum* — Brown (1969), Brown i Weier (1968), Aghajanian i Hommersand (1980), komórki *Lemanea* — Bergfeld (1970), Thirb i Benson-Evans (1983), plechy *Sirodotia* — Lee (1971), Sheat i in. (1979), plechy *Thorea* — Bischoff (1965), plechy *Tuomeya* — Sheat i in. (1979). Mitozę u *Batrachospermum boryanum* opisał Scott 1983; proces spermatogenezy u *Batrachospermum moniliforme* i *Lemanea* sp. — Brown (1979), Thirb i Benson-Evans (1983). U *Batrachospermum* spermatangia rozwijają się na komórkach gałązek okółkowych w ten sposób, że w komórce macierzystej plemni tworzy się wypukłość, do której wchodzi porcja plazmy z jądrem, ale bez chromatoforów. Rozwój karpospor u *Batrachospermum* badał Brown (1969), a u *Lemanea* — Thirb i Benson-Evans (1983); oba te procesy przebiegają podobnie.

Liczba chromosomów u krasnorostów waha się od $n=3$ do $n=22$. Gatunki o plechach bardziej skomplikowanych mają więcej chromosomów, na przykład *Lemanea* $n=10-22$. *Audouinella hermannii* ma $n=6$, *Bangia atropurpurea* $n=3$. Największe liczby chromosomów znaleziono u krasnorostów morskich z rodziny *Ceramiceae*: $n=32-46-50$ (Rao i in. 1978).

LITERATURA

- Aghajanian J. G., Hommersand M. H., 1978. The fine structure of the pit connections of *Batrachospermum siderotii* Skuja. *Protoplasma* 96: 247-265.
Aghajanian J. G., Hommersand M. H., 1980. Growth and differentiation of axial and lateral filaments in *Batrachospermum sirodotii* (Rhodophyta). *J. Phycol.* 16: 15-28.

- Atkinson G. F., 1889/1890. *Monograph of the Lemnaceae of the United States*. Ann. Bot. 4: 177-229.
- Augier H., 1971. *Contribution à l'étude de la repartition des phytohormones dans le thalle de la Rhodophyceae Botryocladia botryoides* (Wulf.) I. Feldm. Tethys 3: 183-188.
- Balakrishnan M. S., Chaugale B. B., 1980. *Cytology and life history of Batrachospermum mahabaleshwariensis* Balkr. et Chaug. Cryptogam. Algol. 1: 83-97.
- Bergfeld R., 1970. *Die Feinstruktur und Entwicklung der Plastiden einiger Süßwasseralgen*. Cytobiol. 1: 411-419.
- Berthold G., 1882. *Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen*. Jahrb. Wiss. Bot. 13: 569-717.
- Bischoff H. W., 1965. *Thorea riekei* sp. nov. and related species. J. Phycol. 1: 111-117.
- Brown D. L., Weier T. E., 1968. *Chloroplast development and ultrastructure in the freshwater red alga Batrachospermum*. J. Phycol. 4: 199-206.
- Brown D. L., Weier T. E., 1970. *Ultrastructure of the freshwater alga Batrachospermum I. Thin section and freeze-etch analysis of juvenile and 'photosynthetic filament vegetative cells*. Phycologia 9: 217-235.
- Bold H. C., Wynne M. J., 1985. *Introduction to the Algae*. 2 ed. s. 513-633. New Jersey.
- Bornet Ed., Thuret G., 1867. *Recherches sur la fécondation des Floridées*. Ann. Sci. Nat. Bot. Ser. 5, 7: 137-166.
- Bornet Ed., Thured G., 1876-1880. *Notes algologiques* 1, 2. Masson, Paris.
- Bouck G. B., 1962. *Chromatophore development, pits and other fine structure in the red alga Lomentaria baileyana* (Harv.) Farlow. J. Cell Biol. 12: 553-569.
- Bourelly P., 1970. *Les algues d'eau douce III*. N. Boubée, Paris.
- Chemin E., 1928. *Multiplication végétative et dissémination chez quelques algues Floridées*. Trav. San. Biol. Roscoff 7: 5-62.
- Chemin E., 1937. *Le développement des spores chez les Rhodophycées*. Rev. Gen. Bot. 49: 205-234, 300-327, 353-374, 424-448, 478-536.
- Chichara M., Yoshitaki M., 1972. *Reproductive system of Liagora japonica* (Nemaliales, Rhodophyta). Bull. Nat. Sci. Mus. 15: 395-401.
- Christensen T., 1962. *Alger in systematisk Botanik*. Vol. 2. Copenhagen.
- Christensen T., 1964. *The gross classification of algae*. W: *Algae and man*. (D. F. Jackson red.) Plenum Press, New York, s. 59-64.
- Craigie J. S., 1974. *Storage products*. W: *Algal physiology and biochemistry*. (W. D. Stewart red.) Univ. Calif. Press, Berkeley, Vol. 7. 989 s.
- Dixon P. S., 1963. *The Rhodophyta: some aspects their biology*. Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev. 1: 177-196.
- Dixon P. S., 1965. *Perennation, vegetative propagation and algal life histories, with special reference to Asparagopsis and other Rhodophyta*. Botanica Gothburg. 3: 67-74.
- Dixon P. S., 1973. *Biology of the Rhodophyta*. s. 1-285. Olive et Boyd, Edinburgh.
- Drew K. M., 1937. *Spermothamnion snydere* Farlow, a floridean alga bearing polysporangia. Ann. Bot. N.S. 1: 463-476.
- Drew K. M., 1939. *An investigation of Plumaria elegans* (Bonnem) Schmitz with special refrence to triploid plants bearing parasporangia. Ann. Bot. N.S. 3: 347-476.
- Drew K. M., 1943. *Contribution to the cytology of Spermothamnion turneri* (Mert.) Aresch. II. *The haploid and triploid generations*. Ann. Bot. N.S. 7.
- Drew K. M., 1944. *Nuclear and somatic phases in the Floridae*. Biol. Rev. 19: 105-120.
- Drew K. M., 1949. *Conchocelis-phase in the life history of Porphyra umbilicalis* (L) Kutz. Nature 164: 748.
- Drew K. M., 1954. *Studies in the Bangiophycidae. III. The life history of Porphyra umbilicalis* (Lightf.) J. Ag. *The Conchocelis phase in culture*. Ann. Bot. N.S. 18: 183-211.

- Drink M. J., 1967. *Effects of day-length on growth and reproduction of the Conchocelis phase of Porphyra tenera*. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 47: 501-510.
- Drink M. J., 1967. *Phytochrome in red alga Porphyra tenera*. Nature 215: 1411-1412.
- Ernst J., 1958. *The life-forms of some perennial marine algae of Roscoff and their vertical distribution*. Abs. Int. Seaweed Symp. 3: 31.
- Evans L. V., 1974. *Cytoplasmic organelles*. W: *Algal physiology and biochemistry*. (W. D. Steward red.) Univ. Calif. Press, Berkeley, chapter 3: 989.
- Feldmann J., 1937. *Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La Cote des Alpes*. Revue Algol. 10: 1-339.
- Feldmann J. 1951. *Ecology of marine algae*. W: *Manual of phycology*. Smith G. M. (red.), Chronica Botanica s. 313-334, Waltham.
- Feldmann J., 1952. *Les cycles de reproduction des algues et leurs rapport avec la phylogénie*. Rev. Cytol. Cytophysiol. Vég. 13: 1-49.
- Feldmann J., 1966. *Les types biologiques d'algues marines benthiques*. Mém. Soc. Bot. Fr. s. 45-60.
- Frei E., Preston R. D., 1964. *Non-cellulosic structural polysaccharides in algal cell walls. II. Association of xylan and mannan in Porphyra umbilicalis*. Proc. R. Soc. London. B. 160: 314.
- Fritsch F. E., 1945. *Structure and reproduction of the algae*. Vol. 2, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Geitler L., 1944. *Die angebliche stammesgeschichtliche Vervandschaft von Cyanophyceen und Rhodophyceen*. Öster. Bot. Zeitschr. 93: 123.
- Giraud A., Magne F., 1968. *La place de la meiose dans le cycle de développement de Porphyra umbilicalis*. C. R. Acad. Sci. Paris 267: 586-588.
- Godward M. B. E., 1966. *The chromosomes of the algae*. London, E. Arnold Publ. 6. Rhodophyta s. 168-198.
- Hart D. D., 1983. *The importance of competitive interactions within stream populations and communities*. W: *Stream ecology, application and testing of general ecological theory*. (Barnes J. R. i Minshall P. W.) Plenum Press N.Y., s. 99-136.
- Hartog C., 1959. *The Batrachospermato-Chaetophoretum a remarkable algal association in the Netherland*. Acta Bot. Neerl. 8: 247-256.
- Hassinger-Hutzinger H., 1952. *Generationswechsel und Geschlechtsbestimmung bei Callithamnion corymbosum*. Arch. Protistenk. 98: 91-124.
- Hawkins E. K., 1972. *Observations on the developmental morphology and fine structure of pit connection in red algae*. Cytologia 37: 759-768.
- Hollenberg G. I., 1958. *Culture studies of marine algae. III. Porphyra perforata*. Amer. J. Bot. 45: 653-656.
- Holmes N. T. H., Whitton B. A., 1977. *Macrophytic vegetation of the River Swale, Yorkshire*. Freshwater Biol. 7: 545-558.
- Horner R. R., Welch E. B., 1981. *Stream periphyton development in relation to current velocity and nutrients*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 449-457.
- Howard R. V., Parker B. C., 1979. *Nemalionopsis shawii forma caroliniana (Rhodophyta, Nemaliales) from the southeastern United States*. Phycologia 18: 330-337.
- Hurdelbrink L., Schwantes H. O., 1972. *Sur le cycle de développement de Batrachospermum*. Mem. Soc. Bot. Fr. 1972: 269-274.
- Huth K., 1979. *Einfluss von Tageslänge und Beleuchtungsstärke auf den Generationswechsel bei Batrachospermum moniliforme*. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 92: 467-472.
- Huth K., 1981. *Der Generationwechsel von Lemanea fulviatilis C. Ag. in Kultur*. Nova Hedw. 34: 177-189.
- Hynes H. B. N., 1970. *The ecology of running waters*. Liverpool Univ. Press, Liverpool.

- Hymes B. J., Cole K. M., 1983a. *The cytology of Audouinella hermannii* (Rhodophyta). I. Vegetative and hair cells. Can. J. Bot. 61: 3366-3376.
- Hymes B. J., Cole K. M., 1983b. *The cytology of Audouinella hermannii* (Rhodophyta). II. Monosporogenesis. Can. J. Bot. 61: 3377-3385.
- Israelson G., 1942. *The freshwater Floridae of Sweden. Studies on their taxonomy, ecology and distribution.* Symb. Bot. Upsal. 6: 1-135.
- Jennings R. C., McComb A. J., 1967. Gibberellins in the red alga *Hypnea musciformis* (Wulf.) Lamour. Nature, London. 215: 872-873.
- Katada M., 1963. *Life forms of sea-weeds and succession of their vegetation.* Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 29: 798-808.
- Kito H., 1974. *Cytological observations on the Conchocelis-phase in three species of Porphyra.* Bull. Tahoku Reg. Fish. Res. Lab. 33: 111-117.
- Kito H., 1978. *Cytological studies on genus Porphyra.* Bull. Tahoku Reg. Fish. Res. Lab. 39: 29-84.
- Knight M., Parker M. W., 1931. *Marx algae.* Liverpool Univ. Press.
- Kolderup Rosenvinge 1909. *The marine algae of Denmark.* Det. Danske videnskaps Selskaps Skrifter. 7.
- Kremer B. P., 1983. *Untersuchungen zur Oekophysiologie einiger Süßwasseralgen.* Decheniana (Bonn) 136: 31-42.
- Kumano S., 1980. *On the distribution of some freshwater red algae in Japan and Southeast Asia.* Proc. Ins. Workshop Limnol. Dev. Count. Kyoto 1980: 3-6.
- Kumano S., Watanabe M., 1983. *Two new varieties Batrachospermum* (Rhodophyta) from Mt. Albert Edward, Papua, New Guinea. Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo, Ser. B. 9: 85-94.
- Kylin H., 1917. *Über die Entwicklungsgeschichte von Batrachospermum moniliforme.* Ber. Deutsch. Bot. Ges. 35: 155-164.
- Kylin H., 1956. *Die Gattungen der Rhodophyceen.* Lund.
- Kylin H., 1930. *Über die Entwicklungsgeschichte der Floridéen.* Acta Univ. Lund. N.F. Avd. 2. 26: 1-104.
- Kylin H., 1943. *Verwandschaftliche Beziehungen zwischen den Cyanophyceen und den Rhodophyceen.* K. Fysiogr. Sällsk. Färhandl. 13, Nr. 6.
- Lee R. E., 1971a. *The pit connections of some lower red algae: Ultrastructure and phylogenetic significance.* Br. Phycol. J. 6: 29-38.
- Lee R. E., 1971b. *Systemic viral material in the cells of the freshwater red alga Sirodotia tenuissima* (Holden) Skuja. J. Cell Sci. 8: 623-631.
- Lin H. P., Sommerfeld M. R., Swafford J. R., 1975. *Light and electron microscope observations on motile cells Porphyridium purpureum* (Rhodophyta). J. Phycol. 11: 452-457.
- McCandless E. L., 1981. *Polysaccharides of the seaweeds.* W: *The biology of seaweeds.* (C. S. Lobban, M. J. Wynn red.) Blackwell Sci. Oxford, s. 559-588.
- Mackie W., Preston R. D., 1974. *Cell wall and intercellular region polysaccharides.* W: *Algal physiology and biochemistry.* (W.D.P. Stewart red.). Univ. Calif. Press, Berkeley, Chap. 2. 989 s.
- Magne Fr., 1952. *La syncope prophétique de la méiose des Floridées.* Congr. Intern. Bot. Paris 1954.
- Magne Fr., 1964. *Recherches caryologique chez les Floridées (Rhodophyceae).* Cah. Biol. Mar. 5: 461-671.
- Magne Fr., 1967a. *Sur l'existence chez les Lemanea (Rhodophyceae, Nemaliales) d'un type de cycle de développement encore inconnu chez les algues rouges.* C.R. Acad. Sci. Paris, sér. D. 264: 2632-2633.
- Magne Fr., 1967b. *Sur le déroulement et le lieu de la méiose chez les lemaneacées (Rhodophycées, Nemaliales).* C. R. Acad. Sci. Paris, sér. D. 265: 670-673.

- Migita S., 1967. *Cytological studies on Porphyra jezoensis* Ueda, Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ. 24: 55-64.
- Minckley W. L., Tindall D. R., 1963. *Ecology of Batrachospermum sp. (Rhodophyta) in Doe Run, Meade County, Kentucky*. Bull. Torr. Bot. Club 90: 391-400.
- Nichols H. W., Lissant E. K., 1967. *Developmental studies of Erythrocladia rosenvinge in culture*. J. Phycol. 3: 6-12.
- Oltmanns F., 1922. *Morphologie und Biologie der Algen*. G. Fischer, Jena.
- Papenfuss G. F., 1966. *A review of the present system of classification of the Florideophycidae*. Phycologia 5: 247-255.
- Palmer C. M., 1943. *Distribution by altitude of two species of Lemanea in Tennessee*. Proc. Indiana Acad. Sci. 52: 69-70.
- Palmer C. M., 1941. *A study of Lemanea in Indiana with notes on its distribution in North America*. Butler Univ. Bot. Studies 5: 1-26.
- Parker B. C., Samsel G. L., Prescott G. W., 1973. *Comparison of microhabitats of macroscopic subalpine stream algae*. Amer. Midl. Nat. 90: 143-153.
- Percival E., McDowell R. H., 1967. *Chemistry and enzymology of marine algal polysaccharides*. Acad. Press, London — New York, 219 s.
- Pickett-Heaps J. D., 1969. *The evolution of the mitotic apparatus: an attempt at comparative ultrastructural cytology in dividing plant cells*. Cytobios 1: 257-280.
- Pickett-Heaps J. D., 1972. *Variation in mitosis and cytokinesis in cells*. Cytobios 5: 59-77.
- Püeschel C. M., 1977. *A freeze-etch study of the ultrastructure of red algal plugs*. Protoplasma 91: 15-30.
- Püeschel C. M., 1980. *A reappraisal of the cytochemical properties of rhodophycean pit plugs*. Phycologia 19: 210-217.
- Püeschel C. M., Cole K. M. 1982. *Rhodophycean pit plugs: an ultrastructural survey with taxonomic implications*. Amer. J. Bot. 69: 703-720.
- Ramus J., 1969. *The developmental sequence of the marine red alga Pseudogloiophloea in culture*. Univ. Calif. Publ. Bot. 52: 8.
- Ramus J., 1983. *A physiological test of the theory of complementary chromatic adaptation. II. Brown, green, and red seaweeds*. J. Phycol. 19: 173-178.
- Ramus J., 1969. *Pit connection formation in the red alga Pseudogliophlea in culture*. Univ. Calif. Publ. Bot. 52: 1-28.
- Ramus J., 1971. *Properties of septal plugs from the red alga Griffithsia pacifica*. Phycologia 10: 99-103.
- Rao B. G. S., Mantha S., Rao M. U., 1978. *Chromosome behaviour at meiosis and its bearing on the cytotaxonomy of Ceramium sp.* Bot. Mar. 21: 123-129.
- Raven J. A., Beardall J., 1981. *Carbon dioxide as the exogenous inorganic source for Batrachospermum and Lemanea*. Br. Phycol. J. 10: 165-175.
- Raven J. A., Beardall J., Griffiths H., 1982. *Inorganic C-sources for Lemanea, Cladophora and Ranunculus in a fast-flowing stream*. Oecologia 53: 68-78.
- Rentschler H., 1967. *Photoperiodische Induktion der Monosporenbildung bei Porphyra tenera Kjellm. (Rhodophyta, Bangiophyceae)*. Planta 76: 65-74.
- Richardson W. N., Dixon P. S., 1968. *Life history of Bangia fuscopurpurea*. J. Phycol. 6: 216-219.
- Richardson W. N., 1970. *Studies on the photobiology of Bangia fuscopurpurea*. J. Phycol. 6: 216-219.
- Rider D. E., Wagner R. H., 1972. *The relationship of light, temperature, and current to the seasonal distribution of Batrachospermum (Rhodophyta)*. J. Phycol. 8: 323-331.
- Rüttner F., 1960. *Über die Kohlenstoff Aufnahme bei Algen aus Rhodophyceen-Gattung Batrachospermum*. Schweiz. Z. Hydrol. 22: 280-291.

- Santelius B., 1974. *Gelidioid algae, a brief resume of the pertinent literature*. Marine Agronomy, U.S. Sea Grant Program, Hawaii, Tech. Report 1: 111.
- Schorstein K. L., Scotty J., 1982. *Ultrastructure of cell division in the unicellular red alga Porphyridium purpureum*. Can. J. Bot. 60: 85-97.
- Scott J., 1983. *Mitosis in the freshwater red alga Batrachospermum ectocarpum*. Protoplasma 118: 56-70.
- Schiewer U., Liebert E., 1965. *Indolacetamid, ein Intermediat der indoloessigsäure-bildung aus Indolacetrinitrit bei der Alge Furcellaria*. Planta 66: 377-380.
- Sheath R. G., 1984. *The biology of freshwater red algae*. Progress in phycol. research. Vol. 3. Round & Chapman, Biopress Ltd. 1984: 89-157.
- Sheath R. G., Burkholder J. M., 1980. *Seasonal fluctuations and diversity in Rhode Island streams*. J. Phycol. 16. Suppl. s. 39.
- Sheath R. G., Cole K. M., 1980. *Distribution and salinity adaptations of Bangia atropurpurea (Rhodophyta), a putative migrant into the Laurentian Great Lakes*. J. Phycol. 16: 412-420.
- Sheath R. G., Hellebust J. A., Sawa T., 1979. *Effect of low light and darkness on structural transformations in plastids of the Rhodophyta*. Phycologia 18: 1-12.
- Sheath R. G., Hymes B. J., 1980. *A preliminary investigation of the freshwater red algae in streams of Southern Ontario, Canada*. Can. J. Bot. 583: 1295-1318.
- Sheath R. G., Burkholder J. M., 1983. *Morphology of Batrachospermum populations intermediale between B. boryanum and B. ectocarpum (Rhodophyta)*. J. Phycol. 19: 324-331.
- Setschell W. A., Gardner N. L., 1925. *The marine algae of the Pacific coast of North America*. Univ. Calif. Publ. Bot. 8.
- Simon-Richard-Breaud J., 1971. *Un appareil cinétique dans les gamétocystes mâles d'un Rhodophycée Bonnemaisonia hamifera Hariot*. C.R. Acad. Sci. Paris, sér. D. 273: 1272-1275.
- Sinha B. D., Srivastava N. K., 1979. *Taxonomy and biology of the freshwater algae Compsopogon in Bihar, India*. Nova Hedw. Beiheft 63: 71-76.
- Sirodot M. S., 1884. *Les Batrachospermes*. Paris, G. Masson.
- Skuja H., 1938. *Die Süßwasserrhodophyceen der deutschen limnologischen Sunda-Expedition*. Arch. Hydrobiol. Suppl. 15: 603-637.
- Sommerfeld M. R., Leeper G. F., 1970. *Pit connection in Bangia fuscopurpurea*. Arch. Microbiol. 73: 55-60.
- Stackhouse J., 1795-1801. *Nereis Britannica, Bath 1795-1801*. Wyd. 2. Oxford, 1816.
- Starmach K., 1977. *Phaeophyta, Rhodophyta. Flora słodkowodna Polski*, t. 14. s. 1-445. PWN. Warszawa-Kraków.
- Steubing V. L., Fricke G., Jehn H., 1983. *Veränderung des Algenspektrums der Eder im Verlauf von vier Jahrzehnten*. Arch. Hydrobiol. 96: 205-222.
- Stosch H. A., 1965. *The sporophyte of Liagora farinosa Lamour*. Br. Phycol. Bull. 2: 486-496.
- Stosch H. A., Theil G., 1979. *A new mode of life history in the freshwater red algal genus Batrachospermum*. Amer. J. Bot. 66: 105-107.
- Suneson S., 1950. *The cytology of bispore formation in two species of Lithophyllum and the significans of the bispores in the Corallinaceae*. Bot. Notiser 1950: 429-450.
- Sundene O., 1962. *Reproduction and morphology in strain of Auitamnion boreale originating from Spitzbergen and Scandinavia*. Skr. Norske Vidensk. Acad. Mat-Natur. kl. 1962. (5): 1-19.
- Thirb H. H., Benson-Evans K., 1982. *The effect of different current velocities on the red algae Lemanea in laboratory stream*. Arch. Hydrobiol. 96: 65-72.
- Thirb H. H., Benson-Evans K., 1982. *Cytological studies on Lemanea fluviatilis in the river Usk*. Br. Phycol. J. 17: 401-409.
- Thirb H. H., Benson-Evans K., 1983. *Ultrastructure of the freshwater alga Lemanea Bory. Structure and development of the male and female organs*. Nova Hedw. 38: 569-582.

- Thirb H. H., Benson-Evans K., 1983. *Ultrastructure of the freshwater alga Lemanea Bory. Analysis of juvenile and photosynthetic vegetative filament cells.* Nova Hedw. 38: 583-602.
- West J. A., Hommersand M. H., 1981. *Rhodophyta life histories.* W: *The biology of seaweeds.* (C. S. Lobban, M. J. Wynne red.) Blackwell Scientific, Oxford, s. 133-193.
- White E. B., Boney A. D., 1969. *Experiments with some endophytic and endozoic Acrochaetium sp.* J. Expl. Mar. Biol. Ecol. 3: 246-274.
- Whitford L. A., 1960. *The current effect and growth of freshwater algae.* Trans. Amer. Microscop. Soc. 79: 302-309.
- Whitton B. A., 1975. *Algae.* W: *River ecology.* (Whitton red.) Univ. Calif. Press, Berkeley, s. 81-105.
- Whitton B. A., Say P. J., Wehr J. D., 1981. *Use of plants to monitor heavy metals in rivers.* W: *Heavy metals in Northern England. Environmental and biological aspects.* Univ. Durham, 135-145 s.
- Yamanouchi S., 1906. *The life history of Polysiphonia violacea.* Bot. Gaz. 41: 425-433; 42: 401-449.

Ludwik Fleck — Powstanie i rozwój faktu naukowego. Wprowadzenie do nauki o stylu myślowym i kolektywizmie myślowym. Tłum. z języka niemieckiego — M. Tuszkiewicz. Wstęp do wyd. polskiego Z. Cackowski. Wyd. Lubelskie, Lublin 1986; ss. 222, fot., rys., aneks.

W roku 1980 w oficynie Suhrkamp Verlag we Frakfurcie nad Menem wydano, wznowienie z edycji niemieckiej z roku 1935, rozprawę wybitnego polskiego mikrobiologa i lekarza L. Flecka pt. „*Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre von Denkstil und Fennkollektiv*”. Dzieło, napisane pierwotnie prawdopodobnie po polsku i przełożone przez autora na język niemiecki, ostatecznie doczekało się wydania w naszym kraju w serii „Człowiek i świat człowieka” w zasłużonym dla nauki Wydawnictwie Lubelskim.

Co decyduje, że książka po przeszło 50 latach jest wznawiana i przyjmowana jako rewelacja? W pewnym sensie jej uniwersalny charakter filozoficzny. Przyczyn zresztą jest wiele. Problematyka naukoznawcza, w kręgu której autor porusza się z ogromną swobodą, stanowi obecnie przedmiot zainteresowania w krajach rozwiniętych: RFN, ZSRR, USA. To tam dostrzeżono ważki dorobek Flecka. W Hamburgu — jak to wynika z uwag Z. Cackowskiego — powstało nawet centrum badań nad spuścizną polskiego uczonego. Jemu poświęcone są seminaria na różnych uniwersytetach amerykańskich. Jemu wreszcie wiele uwagi poświęcają także filozofowie i przyrodnicy w Związku Radzieckim. Niejako symbolem tego jest blok artykułów wydany w roku 1983 w „Kwartalniku Historii Nauki i Techniki” pod wymownym tytułem „Spojrzenie na Ludwika Flecka”, w którym wystąpili tej miary uczeni co T. Schnelle z Hamburga, V. N. Porus z Moskwy, J. Gierasiliuk i S. Symotiuł z Lublina oraz T. Kielanowski z Gdańska. Gdy wydawano ten numer „Kwartalnika” nie żył już T. Bilikiewicz, który prowadził z Fleckiem w okresie międzywojennym spory na problemy epistemologiczne nauk przyrodniczych (wybór polemik zamieszczono w aneksie recenzowanej książki; cóż to za piękny przykład kultury autorów!).

„Powstanie i rozwój faktu naukowego” L. Flecka to książka myślącego przyrodnika. Urodzony w roku 1896 we Lwowie ukończył studia w Uniwersytecie Jana Kazimierza, gdzie okresowo był asystentem Rudolfa Weigla. Jako Żyd, podczas II wojny światowej przebywał w getcie we Lwowie, a później w obozach koncentracyjnych w Oświęcimiu i Buchenwaldzie. Po powrocie z Niemiec w roku 1945 osiadł w Lublinie, a później w Warszawie. W 1957 roku przeniósł się do pracy w Izraelu, gdzie zmarł w 1961 roku.¹ Jest to zatem życiorys jak wielu innych. Zainteresowanie dorobkiem Flecka ma zupełnie inne podłoże. Gdy spisywał swe spostrzeżenia na temat paradygmatyczności poznania (na materiale historycznym z dziejów rozpoznania kiły oraz opracowania tzw. odczynu Wassermanna) uczeni byli samotnikami, co najwyżej niektórzy z nich tworzyli zespoły badawcze, zwane wówczas szkołami (do takich należał m.in. R. Weigel). Wypowiadając się zatem na temat roli kolektywnego myślenia, zwłaszcza w naukach przyrodniczych i medycznych, wtedy nie mógł wielu zainteresować. Dopiero w drugiej połowie XX wieku stało się dla wszystkich jasne, że istotny postęp wiedzy wypracowują duże zespoły badaczy. Sposób ich rozumowania („styl myślowy” Flecka) ma istotny wpływ na rozpoznanie faktu naukowego. Tzw. kolektywne myślenie, prowadzące

¹ Nadmienię, że L. Fleck w 1954 r. był współorganizatorem sesji Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika pt. „Zagadnienia współczesnej immunologii”. W „Zeszytach Problemowych „Kosmosu””, który ukazał się na ten temat w 1956 r. znajduje się jego pisma „Przedmowa” oraz obszerny szkic (s. 9-62) „Immunologia porównawcza”.

niekiedy przez kompletne manowce, doprowadza czasem do odkryć takich, jak opracowanie odczynu Wassermanna. Temu zresztą zagadnieniu poświęcił Fleck najwięcej uwagi.

Moje spojrzenie na książkę nie jest spojrzeniem mikrobiologa, tylko historyka nauk przyrodniczych. Może dlatego z satysfakcją stwierdziłem ogromne odczytanie autora w dawnej literaturze przyrodniczej (jakże zasobne musiały być biblioteki lwowskie!). Ważne są spostrzeżenia Flecka, gdy pisze, iż nie można poznać współczesnej biologii bez znajomości jej rozwoju. Zresztą ważne są tu głównie opracowania publikowane (prawdziwe lub fałszywe), które wytaczają postęp wiedzy. Tej nośności nie miały genialne spostrzeżenia np. Leonardo da Vinci, pozostawione w notatkach. Żeby myśl naukowa miała swą wagę musi być dostępna dla badaczy w publikacji, tak jak opublikowane myśli Kopernika inspirowały astronomów do dalszych badań nad układem słonecznym.

Wątek: kila — odkrycie bakterii *Spirochaeta pallida* — opracowanie odczynu Wassermanna, to tylko pretekst do rozważań naukoznawczych. Sposób narracji sprawił, że materiał ten stanowi wyjątkowo atrakcyjny przykład do refleksji o rozwoju nauk przyrodniczych (medyczna strona zagadnienia autora interesowała minimalnie). Choćby dlatego książka jest godna uważnej lektury wszystkich przyrodników i historyków nauki.

Zbigniew Wójcik

Jan Balicki — Dyskryminacja rasowa. Przeszość i teraźniejszość. Wydawnictwo Lubelskie. Lublin 1986 s. 236.

Jan Balicki jest autorem szeregu publikacji, także tłumaczonych na języki obce, na temat rasizmu. Problemem tym interesuje się głównie jako prawnik, a nie biolog. Wykazuje jednak ogromną znajomość historii problemu, a także ostrożność w ocenie zjawisk w niektórych krajach, które tylko teoretycznie wyzwoliły się od dyskryminacji rasowej. Zresztą o tym zagadnieniu w Polsce chciał napisać — jak wynika to ze wstępu — na marginesie wydarzeń w Polsce w roku 1968. Okazuje się, że „Wydawnictwo uznało jednak, że tego rodzaju publikacja jest przedwczesna, że „rozliczenie” pewnych osób i pewnych ośrodków za wydarzenia marcowe powinno być odłożone do spokojniejszych czasów, a przede wszystkim poprzedzone udostępnieniem i dokładnym zbadaniem źródeł historycznych” (s. 6). Piękny kamuflaż, zważywszy że 20 lat po zdławieniu ruchu dekabrystów w Rosji można było już wszystko pisać o przyczynach ówczesnych napięć.

Zagadnienia rasizmu są, wyjściowo rzecz traktując, problemem biologicznym. Autor w pełni zdaje sobie z tego sprawę, gdy w rozdziale „Wprowadzenie do tematu” przedstawiony materiał prezentuje w grupach: „Rasa w nauce biologii”, „Dziedziczność i środowiska” oraz „Rasizm i dyskryminacja rasowa”. Jest to jednak właśnie wprowadzenie i nic więcej. Dalej następuje już analiza historyczna problematyki dyskryminacji rasowej od starożytności po czasy najnowsze, w których szczególnie nacisk położono na koncepcje ludobójstwa faszystowskiego oraz współczesny nam apartheid Południowej Afryki.

Taki układ wykładu dał Autorowi możliwość bardziej szczegółowej analizy matactw paranaukowych, które znalazły m.in. wyraz, w koncepcjach takich „klasyków” jak: Arthur de Gobineau, George Vacher de Lapouge, Stewart Chamberlain, ale i innych (m.in. doświadczenia dr Hirta ze Strasburga z okresu II wojny światowej). Prezentacja tej problematyki stanowi o wartości opracowania.

Kompedium J. Balickiego ma bezdyskusyjną wartość. Upowszechnia bowiem intrygujące sprawy antysemityzmu i innych form rasizmu. Problemem tym interesuje się dziś zwłaszcza młodzież, zasypywana na ogół bałamutnymi informacjami przez mass media.

Przyrodnik czytający jednak książkę „Dyskryminacja rasowa. Przeszość i teraźniejszość”

odczuwa pewien niedosyt. Wynika to ze zbyt małej analizy uwarunkowań problemu ze względów genetycznych i środowiskowych. Dyskryminacja rasowa jest przecież zjawiskiem nie tylko typowym dla *Homo sapiens*, ale także dla innych gatunków. Warunki środowiskowe są jakże często źródłem napięć, których nie są w stanie zmienić najlepsze ustroje. Nie jest tajemnicą dla osób podróżujących, że nowoczesne sztuczne twory państwowe nie są przecież w stanie zapobiec napięciom plemiennym, narodowościowym itp. Problem zresztą jest szczegółowo dziś badany nie tylko przez prawników (ci interesują się już raczej skutkami), ale głównie przez przyrodników (tych interesuje geneza zjawiska).

Przed laty Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika organizowało tzw. sesje problemowe. Na jednej z nich (w roku 1957) nt. zagadnień współczesnej genetyki mówiono również o problemach rasizmu. Poruszono ten problem także rok później podczas spotkania na temat dynamiki rozwoju człowieka. Sprawy te przewijały się na tych sesjach całkowicie marginalnie. Problem w ostatnich latach stał się aktualny, zwłaszcza w świetle osiągnięć inżynierii genetycznej. Psychika człowieka w ostatnich latach została nieporównanie lepiej poznana. Jednocześnie działają czynnie upiory pseudonauki, zmierzające do popularyzacji koncepcji rasizmu jako zjawiska czysto przyrodniczego. Warto byłoby zatem zorganizować specjalną sesję Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, podczas której zostałby wszechstronnie przedyskutowany problem dyskryminacji rasowej.

Zbigniew Wójcik

Herbert Schriefers — Was ist Leben? F. K. Schattauer Verlag, Stuttgart-New York, 1982, IX+221 s., 39 rys., 17 tab.

Od autora, który postanowił w syntetycznej formie wyłożyć swe poglądy na temat powstania i istoty życia, czytelnik ma prawo również oczekiwać jasnego określenia filozoficznych podstaw tak szeroko zakrojonej syntezy. Profesor Herbert Schriefers, dyrektor Instytutu Chemii Fizjologicznej kliniki uniwersyteckiej w Essen, więcej miejsca rzecz jasna przeznaczył na omówienie przyrodniczych aspektów tytułowej kwestii „Czym jest życie?": przedstawił pokrótce swój pogląd na genezę i strukturę układów żywych, wyodrębnił informacyjny, systemowy i historyczny wymiar świata żywego, scharakteryzował istotę i filogenezę świadomości. Jeśli rozważania te w sumie tworzą jednak obraz dość koherentny, to właśnie dzięki temu, że dobór i sposób prezentacji materiału przyrodniczego autor podporządkował w miarę wyraźnej koncepcji filozoficznej. Sięgnął on mianowicie do zasad ewolucyjnej teorii poznania — prądu znanego u nas dość jednostronnie, popularnego natomiast w krajach niemieckiego obszaru językowego, gdzie głównymi obecnie jego eksponentami są G. Vollmer, R. Riedl i F. M. Wuketits. Niezależnie od zarzutów, jakie można by wysunąć przeciwko tej doktrynie, trzeba przyznać, że do tych celów, do jakich wykorzystał ją Schriefers — nazwijmy to systematyzatorskich i dydaktycznych — nadaje się ona całkiem nieźle.

Część pierwsza (s. 1-83), zatytułowana tak samo jak cała książka, służyć ma uzasadnieniu tezy o materialnej jedności i hierarchicznym uporządkowaniu świata. Kierując się zatem regułą historycznego i jednocześnie „systemologicznego” ujmowania świata, autor przedstawia w niej życie jako ogniwo w „łańcuchu rosnącej kompleksowości”: od prawybuchu, przez obłok wodoru, gwiazdy pierwszej generacji, pierwiastki biogenne, gwiazdy drugiej generacji z planetami, proste cząsteczki związków nieorganicznych, biomonomery, cząsteczki zdolne do replikacji, „pra-gen”, geny powiązane w hipercykl, komórkę, świat roślin i zwierząt — aż do człowieka i społeczeństwa. Szczególną uwagę Schriefers poświęcił tym stadiom ewolucji chemicznej, które bezpośrednio poprzedzały powstanie życia. Syntetyczną prezentację wyników eksperymentalnych badań nad biogenezą ułatwił mu niewątpliwie fakt, że w roku 1976 w tym samym wydawnictwie ukazała się opracowana przezeń wraz z M. Rehm obszerna

bibliografia, obejmująca głównie biochemiczny, ale także kosmochemiczny aspekt badań nad powstaniem życia.

Spośród kilkudziesięciu współczesnych teorii biogenezy Schrievers uwzględnił w swych rozważaniach elementy koncepcji S. W. Foxa, G. Allena, P. Deckera, M. Eigena i P. Schustera oraz H. Kuhna. Przedstawia je na ogół trafnie i poglądowo, choć gdzieś tam trochę nieostrożnie. Najwyraźniej nie zwraca uwagi na to, że takie pojęcia, jak **samoorganizacja i informacja** przybierają w każdej z wymienionych teorii nieco inny lub nawet zupełnie inny sens. Obawiam się, że u mniej zorientowanych czytelników może nawet powstać wrażenie, że nie istnieją przeciwstawne sobie koncepcje biogenezy, lecz jeden schemat ewolucji przedbiologicznej, na który wszyscy się w zasadzie zgadzają i wypełniają go po trochu coraz to nowymi danymi. Naprawdę zaś poszczególne teorie biogenezy, nawet te uwzględnione przez Schrievers, raczej wykluczają się wzajemnie niż uzupełniają.

Zapewne rację ma autor, gdy stwierdza w konkluzji tej części książki, że nauka o życiu — o jego powstaniu i rozwoju — spowodowała przełom w filozofii. Wyrośliśmy już, pisze Schrievers, z przekonania o istnieniu wielu oddzielonych od siebie światów: atomów, galaktyk, gwiazd, planet, roślin, zwierząt i ludzi. Jest tylko jeden świat, nieustannie „stający się” na podobieństwo organizmu i dlatego ujmowany przez nas w perspektywie historycznej — mniej analitycznie, bardziej organizmalnie. Znacznie słabiej natomiast uzasadnione wydaje się przekonanie autora, że „powstawanie i przemiany języka, nauki, kultury, obyczajów, poglądów itd. podlegają tym samym zasadom, które wykryliśmy, badając genezę i ewolucję życia” (s. 82-83).

Szerzej na temat historycznego aspektu świata żywego pisze Schrievers w części drugiej, zatytułowanej „Czas jako konstruktor świata organizmalnego” (s. 85-99). Część trzecia natomiast — „Język hormonów” (s. 101-118) stanowi próbę uszczegółowienia i uzasadnienia tezy, że skala środków, jakimi posługuje się życie w celu opanowania świata, rozciąga się od kodu genetycznego aż do języka i książki. Początków języka, inaczej mówiąc, dopatrywać się należy nie u źródeł ludzkości lecz u źródeł życia. Teza ta brzmi trochę jak przenośnia poetycka, dodajmy więc, że konsekwentni zwolennicy ewolucyjnej teorii poznania traktując ją najzupełniej dosłownie.

W części czwartej, zatytułowanej „Ciało i dusza” (s. 119-199), autor przeciwstawia 5dotychezasowemu — zwłaszcza dualistycznemu i behawiorystycznemu — próbom rozwiązywania zagadnienia psychofizycznego stanowisko własne, zgodne najogólniej mówiąc z zasadą procesualnego i systemowego ujmowania zjawisk. Autor nie twierdzi wprawdzie, że udało mu się ostatecznie rozwiązać problem psychofizyczny. Twierdzi natomiast, że dzięki ujęciu świadomości jako własności emergentnej, powstającej wskutek wzajemnego oddziaływania subsystemów centralnego układu nerwowego (a więc układu materialnego), udało mu się całe kontinuum ewolucji globalnej przedstawić bez załamań. Bez załamań, to znaczy bez potrzeby odwoływania się do czynników innych niż materialne.

Podsumujmy: Główną zaletą zajętego przez Schrievers stanowiska filozoficznego jest możliwość w miarę syntetycznego i poglądowego przedstawienia różnorodności zjawisk życiowych, możliwość ujęcia ich w perspektywie — z grubsza biorąc — materialistycznej, systemowej i ewolucyjnej. Główną wadą zaś jest nieuzasadniona ekstrapolacja zasad ewolucji przedbiologicznej i biologicznej (przedstawionych zresztą w sposób dość uproszczony) na całe kontinuum ewolucji globalnej, a więc także na dziedzinę zjawisk społecznych. Trudno byłoby też uznać za uzasadnione przekonanie autora, że udało mu się wyjaśnić fenomen „emergencji” (czy też „transcendencji”) i pogodzić koncepcję warstwowej budowy świata z koncepcją ewolucji rozumianej jako proces tworzenia jakościowo nowych układów. Tego zresztą oczekiwać nie należało. Zaslugą autora pozostaje natomiast to, że ów bez wątpienia centralny problem filozofii biologii spróbował podjąć i rozwiązać na nowo. A ze znanych mi prób, ta wcale nie należy do najmniej udanych. Nie sposób zresztą oprzeć się wrażeniu, że akurat to,

co w ewolucyjnej teorii poznania najbardziej chyba drażni filozofów, a więc jej naturalistyczne i huraoptymistyczne nastawienie oraz jej skłonność do symplifikacji, czasem wręcz trywializacji świata — otóż to właśnie najwyraźniej odpowiada wielu przyrodnikom. I chyba właśnie dla nich napisana została ta książka.

Włodzimierz Ługowski

J. P. Parmuzin — Tajga SSSR. Izd. „Mysl”, Moskwa, 1985, ss. 303.

Prezentowana publikacja składa się z ośmiu dość znacznie rozbudowanych rozdziałów. W pierwszym omówiono warunki klimatyczne tajgi, a w drugim scharakteryzowano przepływające przez nią rzeki. Autor zaznacza m.in., że na północ od izotermii lipca 10°C nie spotykamy drzew, a jeżeli pojawiają się one wśród krzewów i porostów w lasotundrze to są niskie i karłowate. Natomiast lasy formują się w zasadzie na południe od izotermii 14°C najcieplejszego miesiąca. Gdy suma rocznych opadów wynosi 400 mm, to bez dodatkowego nawilgocenia gleby drzewa, zwłaszcza iglaste, nie mogą dobrze rozwijać się. Jeżeli w Syberii Wschodniej rosną one nawet przy opadach 150 mm, to głównie zasługa wieloletniej zmarzliny gleby, dzielącej się wilgocią z korzeniami roślin. Ponadto las stwarza specyficzny mikroklimat, dzięki któremu przenika niekiedy bardziej na południe od naturalnej granicy rozprzestrzenienia poszczególnych gatunków drzew. W tajdze europejskiej nie ma wieloletniej zmarzliny, mimo że w okresie ochłodzenia czwartorzędowego obejmowała ona całe jej terytorium. Pojawia się dopiero na Uralu, a w Syberii Zachodniej obejmuje jedynie północny kraniec Uwałów Syberyjskich. Stamtąd granica zmarzliny przechodzi doliną Jeniseju na południe i przez Wyżynę Środkowosyberyjską biegnie w kierunku Morza Ochockiego.

Roczna suma opadów wynosi w tajdze od 200 do 700 mm, a parowanie 120-350 mm i jest szczególnie intensywne w okresie wegetacji. Ogromne znaczenie ma szata śnieżna, która chroni rośliny przed wymarzaniem. Najbardziej pokaźna jest ona na Uralu, w zachodniej części Wyżyny Środkowosyberyjskiej, na sąsiadujących z nią nizinach Syberii Zachodniej oraz na Sachalinie.

Przez tajgę przepływają wszystkie wielkie rzeki ZSRR. Są one zasilane przede wszystkim przez opady atmosferyczne, z tym że prawie wszędzie decydującą rolę odgrywają wody z tajowego śniegu.

Rozdział trzeci poświęcono budowie geologicznej oraz roli wody w kształtowaniu urzeźbienia obszarów tajgi. Badacz radziecki nadmienia, że bogata i gęsta szata roślinna stanowi poważny hamulec dla bezpośredniej działalności wody na glebę. W odróżnieniu od lasotundry i stepów. w lasach około 60% opadów deszczu zatrzymuje się na koronach drzew. Pewna część wyparowuje, a ta która spływa w dół trafia na ściółkę zmniejszając znacznie procesy erozji i denudacji. Zbiera ona wodę, magazynuje i oddaje glebie.

W rozdziale czwartym znajdujemy informacje o procesie powstawania gleb. Dowiadujemy się m.in., że w tajdze dominują gleby bielcowe, które powstają tam w środowisku roślinności leśnej z biomasa od 1000 do 3000 q/ha, gdzie drzewa wyłączają z obiegu biologicznego na setki lat związki organiczne gleby. Biomasa tajgi jest reprezentowana w 60% przez drewno składające się w połowie z celulozy, w 20-30% z drzewnika, w 10% z chemicelulozy oraz z niewielkiej ilości żywicy, garbników i innych substancji.

Rozdział piąty dotyczy roślinności tajgi. J. P. Parmuzin podaje do wiadomości, że podstwę drzewostanu tajgi stanowią cztery gatunki świerka, trzy gatunki jodły, limba syberyjska, sosna pospolita i karłowa, cztery gatunki modrzewia oraz kilka ich ras geograficznych. Ponadto do południowej tajgi w europejskiej części ZSRR i na Dalekim Wschodzie przenikają niektóre drzewa liściaste: dąb, wiąz, klon, lipa i inne. Oprócz tego w dolinach rzecznych spotykamy topole, wierzby i olsze.

Świerk syberyjski (*Picea obovata* Ledeb.) jest szczególnie szeroko rozprzestrzeniony, albowiem występuje na obszarze całej tajgi z wyjątkiem jej południowo-zachodniego krańca. W europejskiej połaci Związku Radzieckiego i w Syberii Zachodniej tworzy bardzo rozległe lite drzewostany, a ponadto wchodzi w skład lasów jodłowo-świerkowych, limbowych i innych. Na wschód od Jeniseju czyste lasy świerkowe spotyka się rzadko, mimo że świerk syberyjski odznacza się wielką odpornością na surowe warunki klimatyczne. Występuje tam w lasach modrzewiowych rozlokowanych przeważnie na zboczach dolin o północnej ekspozycji i w łęgach. Jeszcze rzadszy jest w dorzeczu Leny i na wybrzeżu Morza Ochockiego. W dorzeczach Amguni, Burei i Zei, w dolnym biegu Amuru, na Kamczatce, Sachalinie i Wyspach Kurylskich rozpowszechniony jest świerk ajański (*Picea jezoensis* Carr.). Zazwyczaj rośnie na wysokości od 400 do 1200 m, gdzie przeważają gleby kamieniste. Na zachodnim i południowym krańcu tajgi do doliny rzeki Kamy panuje świerk pospolity (*Picea abies* Karst.).

Następnym gatunkiem o znacznym zasięgu jest jodła syberyjska (*Abies sibirica* Ledeb.). Jej zwarty areał rozpoczyna się na obszarze źródłiskowym Dwiny, po czym biegnie do Olekmy i źródeł Aidanu. Rzadko tworzy lasy jednogatunkowe, natomiast najczęściej dostrzegamy ją w składzie lasów jodłowo-świerkowych i jodłowo-limbowych. Na obszarze Dalekiego Wschodu, na południe od 54° szer. geogr. płn. rośnie jodła wiotka (*Abies nephrolepis* Maxim.), której stanowiska dochodzą do 1200 m n.p.m. W południowym Sachalinie i w południowych częściach Wyp Kurylskich rozpowszechniona jest jodła sachalińska (*Abies sachalinensis* Mast.). W odróżnieniu od poprzednich gatunków odznacza się szybkim wzrostem i dochodzi do 40 m wysokości.

Limba syberyjska (*Pinus sibirica* Loud.) zajmuje nieco mniejszy areał, aniżeli wzmiankowana jodła, ale jej zasięg zbiega się z nią na północy, wschodzie i południu. Przeważa w wyższych piętrach gór i w środkowej tajdzie Syberii. Sosna karłowa (*Pinus pumila* Regel.) stanowi typową roślinę wschodniej części Azji i na zachodzie nie przekracza dorzecza Leny.

Sosna pospolita (*Pinus silvestris* L.) występuje w europejskiej połaci ZSRR od lasotundry do dolin rzecznych pasa lasostepów. Na wschód od Uralu jej rozprzestrzenienie ogranicza się do dorzecza Aidanu i Burei. Największe powierzchnie leśne zajmuje modrzew. Jego zasięg rozpoczyna się w lasotundrze i tajdzie, od wybrzeży Morza Białego do południowych Wysp Kurylskich na wschodzie. Na wschód od rzeki Ob wchodzi w skład lasostepu i lasów górskich, przenikając do Mongolii, Chin i Korei. W europejskiej części ZSRR i w Syberii zachodniej do rzeki Ob i Jeniseju powszechny jest modrzew Sukaczewa (*Larix sukaczewii* Djil.), który niezbyt dobrze znosi warunki klimatu kontynentalnego. Większą wytrzymałość wykazuje modrzew syberyjski (*Larix sibirica* Ledeb.), ale i on unika bliskiego sąsiedztwa marzłoci trwałej. Z tego względu jego areał w północnej tajdzie ogranicza się do Niziny Zachodniosyberyjskiej — od Zauralu do dorzecza Dolnej Tunguzki, z tym że w części południowej sięga nieco dalej na wschód — do ujścia rzeki Witim. Największą odpornością odznacza się modrzew daurski (*Larix gmelini* Ledeb.), zajmując cały obszar lasotundry i tajgi na wschód od zasięgu modrzewia syberyjskiego. Na Sachalinie i na południowych Wyspach Kurylskich rośnie modrzew kurylski (*Larix kurilensis* Mayr.).

W lasach iglastych częste są domieszki gatunków liściastych. Na zgorzeliskach i porębach najszybciej osiedla się osika (*Populus tremula* L.). Spotykamy ją zarówno w lasotundrze, jak i na obszarze całej tajgi, od Karelii do Kamczatki. Pospolite są również wierzyby, np. iwa (*Salix caprea* L.) oraz topole. W południowej części europejskiej tajgi i w Syberii Zachodniej włącznie do Gór Jenisejskich występuje topola czarna (*Populus nigra* L.), a od źródeł Angary, Leny i Dolnej Tunguzki do Kamczatki i północnego Sachalinu rozprzestrzeniona jest topola wonna (*Populus suaveolens* Fisch.). W dorzeczu Burei, dolnej Zei, środkowego Amuru i na Sachalinie rośnie topola koreańska (*Populus koreana* Rehd.) i Maksymowicza (*Populus maximowiczii* Henry), a w dorzeczu Jeniseju, od ujścia Podkamiennej Tunguzki na południe aż poza granice tajgi — topola laurowa (*Populus laurifolia* Ledeb.). Warto

podkreślić, że na Dalekim Wschodzie spotyka się często chosenię (*Chosenia macrolepis* Turcz.), której drewno służy do budowy mostów i wyrobu papieru. Poza tym w tajdze występuje ponad 40 gatunków brzoź. Do najbardziej znanych i powszechnych należy brzoza brodawkowata (*Betula verrucosa* Ehrh.) rosnąca niekiedy razem z brzozą omszoną (*Betula pubescens* Ehrh.). Na wschód od rzeki Olekmy pojawia się *Betula platyphylla* Sukacz., a w środkowej Jakucji aż do Amuru — *Betula grandifolia* Litw. Na Dalekim Wschodzie zalicza się do gatunków pospolitych brzozę daurską (*Betula dahurica* Pall.) oraz brzozę Ermana (*Betula ermani* Cham.). Ta ostatnia jest znana przede wszystkim z Kameczatki, Wysp Kurylskich, Sachalinu i obszarów górskich wybrzeża Morza Ochockiego. Oprócz tego w tajdze widzimy różne gatunki brzoź krzewiastych, a także niektóre olsze, m.in. olszę szarą (*Alnus incana* Moench.), czarną (*Alnus glutinosa* Gaertn.) i kameczacką (*Alnus fruticosa* Rupr.). Na dalszych stronicach wzmiankowanego rozdziału autor pisze o pożarach i ich wpływie na odnawianie się roślinności tajgi, o błotach i składzie florystycznym torfowisk, a poza tym charakteryzuje tajgę górską.

W rozdziale szóstym przedstawiono świat zwierzęcy tajgi. Dane szacunkowe wykazują, że zamieszkuje ją ponad 100 gatunków ryb, 250 gatunków ptaków i 90 gatunków ssaków. Badacz opisuje zwięźle faunę tajgi, zwracając specjalną uwagę na gospodarcze znaczenie niektórych zwierząt, zwłaszcza futerkowych.

Rozdział siódmy zapoznaje czytelnika z problemami regionalizacji krajobrazów tajgi, zaś ósmy z planem zagospodarowania terenów leżących w zasięgu oddziaływania bajkalsko-amurskiej magistrali kolejowej.

Recenzowana książka stanowi pozycję bardzo wartościową i godną uwagi, bo tajga zajmuje 1/3 powierzchni Związku Radzieckiego i ma ogromne znaczenie dla gospodarki kraju. Jest to pierwsza, tak dokładna i obszerna publikacja o jej przyrodzie i możliwościach wykorzystania wielu różnych surowców, przede wszystkim ropy naftowej, węgla i metali. Powstała w wyniku ponad czterdziestoletnich badań prowadzonych przez autora na tych rozległych przestrzeniach. Została opracowana fachowo i rzetelnie. Ładny styl i jasność formułowania myśli sprawiają, że czyta się ją z niesłabnącym zainteresowaniem. Cennym uzupełnieniem dzieła są liczne mapy, fotografie oraz profile geologiczne ułatwiające znakomicie lepsze zrozumienie poruszonych tematów. Spis literatury zawiera 75 pozycji wybranych trafnie i z wyczuciem.

Mankamentem pracy jest zupełny brak nazw łacińskich cytowanych roślin i zwierząt. Często nie można zorientować się, o jaki gatunek chodzi. Jeżeli książki drukowane w Związku Radzieckim są wysyłane za granicę, to powinny uwzględniać nomenklaturę międzynarodową, bez której nie można się obejść. Do następnego wydania tej pożytecznej publikacji należałoby również dołączyć alfabetyczny wykaz wzmiankowanych taksonów flory i fauny oraz indeks nazw geograficznych.

Roman Karczmareczuk

Umweltlexikon. Wydany przez Katalyse Umweltgruppe e. V. Köln, Verlag Kiepenheuer u. Witsch, Köln 1985, ss. 522.

Problemy ochrony środowiska łączą w sobie zagadnienia nauk przyrodniczych, technicznych i społecznych, budząc szerokie zainteresowanie nie tylko specjalistów. Stały się one również jednym z najważniejszych problemów społecznych krajów rozwiniętych gospodarczo, chociaż nie są od nich wolne kraje rozwijające się.

Problemy ochrony środowiska dotyczą coraz to nowych obszarów działalności człowieka w przyrodzie. Pojawia się również coraz więcej nowych pojęć i zagadnień wiążących się z tą problematyką. Do tej pory brak było w niemieckim obszarze językowym podręcznego leksykonu

obejmującego całość wiedzy z zakresu ochrony środowiska. Łukę w tym zakresie wypełnia dopiero niniejsza praca „Umweltlexikon” („Leksykon o środowisku”). Podstawowy cel leksykonu wiąże się z próbą zebrania podstawowych pojęć z zakresu ochrony środowiska. Zawiera on podstawowe pojęcia i może stąd też służyć jako wartościowy i kompetentny poradnik. Napisany jest przy tym łatwo zrozumiałym i przystępnym językiem, chociaż większość tematyki środowiskowej należy do najtrudniejszych, bardzo złożonych problemów ludzkości. „Leksykon o środowisku” umożliwia więc szybką informację o głównych problemach środowiskowych. W celu ograniczenia objętości pracy pominięto w nim globalne problemy surowcowe, niszczenie lasów tropikalnych, jak też problemy środowiskowe w krajach Trzeciego Świata. Skoncentrowano się natomiast na głównych problemach ochrony środowiska w Europie, a przede wszystkim w RFN. Szybkie opracowanie tego leksykonu było możliwe dzięki dobrze skoordynowanej pracy wielu autorów. Wydawcą jest „Katalyse — Umweltgruppe e. V.” — związek naukowców, którzy zajmują się aktualnymi problemami ochrony środowiska. Dotychczas „Katalyse Umweltgruppe” opublikowała lub była wydawcą wielu książek na ten temat. Prowadzi też specjalne laboratorium analiz ekologicznych oraz opracowuje za pomocą komputerów całokształt literatury z dziedziny ochrony środowiska.

Leksykon zawiera 2000 haseł, przy czym jako hasła podstawowe traktowane są: odpady, miejsce pracy, ochrona gleb, środki chemiczne, energia, czas wolny, przemysł, klimat, hałas, przedsiębiorstwo rolnicze, powietrze, ekologia, promieniowanie, polityka środowiskowa, komunikacja, umiowanie lasów i woda. Wydaje się, że lekturę leksykonu najłatwiej rozpocząć od dwóch pojęć: ekologia i polityka środowiskowa, gdyż cała logiczna konstrukcja leksykonu nawiązuje właśnie do nich. Jako cel ekologii przyjmuje się utrzymanie i rozwój naturalnych i antropogenicznych ekosystemów cząstkowych (stanowiących biosferę), przy oszczędnym obchodzeniu się z istniejącymi zasobami (s. 284). Znaczenie ekologii wynika stąd, że nie tylko wskazuje na skutki zniszczeń i zagrożeń ekologicznych, ale i na możliwości rozwoju społecznego zgodnego z prawami przyrodniczymi. Polityka środowiskowa ma na celu praktyczną realizację wiedzy ekologicznej w działalności gospodarczej człowieka. Polityka ta powstała a początku lat siedemdziesiątych, a w 1972 roku rząd RFN opublikował pierwszy program ochrony środowiska. W ciągu lat siedemdziesiątych opracowano podstawowe informacje o zagrożeniach ekologicznych. Dopiero od niedawna próbuje się zmniejszyć zagrożenie środowiska przez bardziej aktywną politykę państwa. Wykorzystuje się obecnie środki bardziej efektywne pod względem ekonomicznym i ekologicznym. Ochrona środowiska obejmuje w rozumieniu leksykonu następujące zakresy działania: utrzymanie czystości powietrza, zwalczanie hałasu, gospodarkę odpadami, gospodarkę wodną, środki chemiczne zagrażające środowisku, ochronę przyrody i kształtowanie krajobrazu, ochronę gleby.

Szczególnie istotne znaczenie mają hasła z zakresu szeroko pojętej toksykologii środowiskowej. Problematyka ta wiąże się najczęściej z ujemnym oddziaływaniem przemysłu, energetyki, transportu na człowieka, rośliny i zwierzęta oraz na równowagę ekologiczną (omówiono m.in. oddziaływanie metali ciężkich, promieniowania jonizującego, pestycydów, formaldehydu, azbestu, tworzyw sztucznych, mykotoksyn, polichlorowanych bifenyli (PCP), wielopierścieniowych węglowodorów, dioksyn, itd.). Wskazano również na skutki ekologiczne wielkich katastrof w fabrykach chemicznych w Bhopalu, Seveso oraz elektrowni atomowej w Harrisburgu.

Rolnictwo uprzemysłowione stało się też źródłem zagrożeń dla przyrody. Zamiast gospodarki chłopskiej rozwijają się coraz bardziej fabryki produkcji rolnej (Agrarfabrik), które świadomie ignorują skutki ekologiczne. Jak wskazują autorzy książki, cele uprzemysłowionego rolnictwa nie są zgodne z ochroną środowiska. Samo rolnictwo staje się zarówno sprawcą, jak i ofiarą różnego rodzaju zaburzeń środowiska. Szczególnie negatywnie oddziałują na środowisko biocydy, sztuczne nawozy azotowe, wprowadzane szeroko przystosowanie rolnictwa do maszyn (Flurbereinigung), gnojowica, dodatki do pasz i lekarstwa stosowane w weterynarii, niewłaściwe z punktu widzenia ekologicznego melioracje, itd. Bardzo groźne dla zdrowia

ludzkiego stają się awarie i odpady atomowe. Także biotechnologia uprawiana przez wielkie koncerny, nastawione jedynie na szybkie zyski, może stworzyć zagrożenie dla dalszego istnienia przyrody i człowieka. Współczesny rozwój gospodarczy wywołuje wciąż nowe zagrożenia — jako przykład wskazuje się emisję ciężkiego metalu talu w cementowniach, powstawanie dioksyn przy spalaniu tworzyw sztucznych, czy wprowadzanie dużych dawek kadmu na pola wraz z nawozami fosforowymi. Wiele uwagi poświęcono energii atomowej, wskazując na jej różnorodne skutki ekologiczne. Na przykład, w reaktorach powstaje 200 radioaktywnych substancji, które nie występują w przyrodzie. Bardzo łatwo dochodzi nadal do różnego rodzaju wycieku substancji promieniotwórczych. Wskazuje się również na zwiększoną umieralność dzieci oraz przypadków raka w okolicach elektrowni atomowych. Ostatnio stwierdzono dość nieoczekiwanie znaczne szkody w drzewostanach w ich pobliżu (s. 210). Wiele wątpliwości budzą w końcu dotychczasowe metody składowania odpadów promieniotwórczych. Problem ich składowania trudno uznać obecnie za ostatecznie rozwiązany. Energia atomowa stanowi potencjalnie wielkie zagrożenie dla zdrowia ludności, ponieważ sztuczne nuklidy są szczególnie przyjmowane i gromadzone w żywych organizmach w przeciwieństwie do wielu naturalnych izotopów (por. s. 25).

Coraz bardziej zagrożone jest zdrowie ludzi w wyniku skażenia żywności. W celu zabezpieczenia zdrowia, zwłaszcza dzieci, wprowadza się różnego rodzaju maksymalne normy dla określonych substancji. Środki żywnościowe dla noworodków i małych dzieci mogą mieć na przykład maksymalnie 0,01 ppm pozostałości pestycydów i maksymalnie 250 ppm azotanów. Przedstawione informacje o problemach zawartych w leksykonie omówiono tu jedynie jako skromną ilustrację jego ważności i aktualności. Nie wyczerpują one w żadnym wypadku bogactwa informacji tego bardzo użytecznego i dobrze przygotowanego opracowania.

„Leksyon o środowisku” zasługuje niewątpliwie na uwagę polskich czytelników. Stanowi on interesujące omówienie wszystkich podstawowych problemów ochrony środowiska w kraju wysoko rozwiniętym gospodarczo. Prawie wszystkie problemy ochrony środowiska — przedstawione w tym leksykonie — występują również w naszym kraju. W literaturze polskiej nie ma podobnego opracowania (zresztą jednego z nielicznych w skali światowej!). Zasługuje on w pełni na przetłumaczenie na język polski, jako cenna pomoc dla naukowców zajmujących się tą problematyką. Ponadto stanowi on również ciekawą lekturę dla szerokiego kręgu czytelników.

Całość pracy przenika głęboko humanistyczna idea rozpoznania podstawowych zagrożeń ekologicznych i aktywne zaangażowanie na rzecz ich zahamowania lub ograniczenia, co konieczne jest dla przetrwania biosfery i związanej z nią ściśle ludzkości.

Eugeniusz Kośmicki

An international history of mammalogy. Vol. 1: Eastern Europe and Fennoscandia, I. K. B. Sterling (red.). One World Press, Bel Air, 1987, ss. xxiv + 198

Ssaki zajmują szczególną pozycję w świecie organizmów żywych. Stanowią najwyższą zorganizowaną grupę zwierząt. Występują na całej kuli ziemskiej, zamieszkując wszelkie dostępne dla kręgowców siedliska. Do ssaków należy człowiek. Wywodzi się z nich większość zwierząt domowych i laboratoryjnych.

Od początków swego istnienia człowiek interesował się zwierzętami ssącymi. Dowodzą tego m.in. rysunki naskalne z epoki kamiennej przedstawiające współczesne mu zwierzęta, przeważnie ssaki (np. w jaskini Lascaux we Francji). Paleolityczny myśliwy musiał dobrze znać obyczaje zwierząt, stanowiących podstawę jego bytu. Dzisiejsi przedstawiciele najprymitywniejszych nawet plemion są na ogół doskonałymi przyrodnikami, odróżniającymi i nazywającymi ważniejsze gatunki otaczającej ich fauny. Punktem zwrotnym w dziejach nauki o ssakach

(teriologii albo mammalogii) były badania Arystotelesa (IV w. p.n.e.). Stworzył on pigruwrz system hierarchicznej klasyfikacji zwierząt. System ten przetrwał bez większych zmian aż do połowy XVIII wieku, która przyniosła podstawy współczesnej systematyki roślin i zwierząt wprowadzone przez Linneusza. Dziesiąte wydanie jego „Systema naturae” (1758 r.) otworzyło nowy rozdział w historii teriologii — okres wielkiego jej rozwoju, zwłaszcza w bieżącym stuleciu.

Zadaniem wielotomowego dzieła „An international history of mammalogy” jest przedstawienie rozwoju badań nad ssakami w okresie polineusowskim. Ta monumentalna praca ma w założeniu zawierać artykuły teriologów reprezentujących wszystkie kraje świata. Podobnie jak tom pierwszy, pozostałe ukażą się w angielskiej wersji językowej. Ostatni z nich powinien pojawić się przed rokiem 2000.

Pierwszy oddany do rąk czytelników tom dotyczy krajów Europy Północnej i Środkowej: Finlandii (A. Forstén, E. Pulliainen i H. Hyvärinen), Polski (K. Kowalski), Jugosławii (B. Dulić), Rumunii (V. Simionescu) i Bułgarii (T. Peshev). Ponadto zawiera artykuł G. Kirka o historii ochrony ssaków w środkowej i wschodniej części Europy, w tym wiele danych dotyczących Polski. Wszystkie opracowania wzbogacone są o listy gatunkowe ssaków, występujących współcześnie w danym kraju, i wykazy najistotniejszej, zdaniem autorów, literatury. Niestety w większości przypadków są one aktualne jedynie do połowy lat siedemdziesiątych. Pomimo zachowania zasadniczego schematu zgodnego z historyczną kolejnością zdarzeń, opracowania nie są jednolite. Różnice spowodowane są nie tylko odmienną aktywnością teriologów w różnych krajach, ale także innym sposobem potraktowania zagadnienia. Przyjemnie tutaj wspomnieć, że rozdział poświęcony teriologii polskiej jest jednym z najobszerniejszych i wyczerpuje temat w stopniu niewątpliwie najwyższym. Prezentowana książka razi dużą liczbą błędów literowych i nie najlepszą jakością załączonych map. Miejmy nadzieję, że kolejne tomy tego niesłychanie użytecznego dzieła będą pozbawione podobnych usterek.

Mieczysław Wolsan

J. Komárek, B. Fott — *Chlorophyceae* (Grünalgen), Ordnung *Chlorococcales*. Das Phytoplankton des Süßwassers von G. Huber-Pestalozzi, 7 Teil, 1. Hälfte. Die Binnengewässer. Band XVI. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), 1983.

Dla kogoś, kto identyfikowanie zielenic z rzędu *Chlorococcales* zaczynał korzystając z „Paschera” (Brunthaler 1915), 171 stron kieszonkowego formatu, a potem za luksus uważał posiadanie Prescottta (1951, 1962), Korschikova (1953) i nielicznych innych lokalnych opracowań oraz Bourelly'ego (1966, 1972) i musiał się podpierać krytycznymi ale i kontrowersyjnymi opracowaniami niektórych rodzajów oraz z trudem wyszukiwanymi, bo rozproszonymi w literaturze całego świata, szczegółowymi publikacjami licznych autorów — gigantyczna monografia Komárka i Fotta jest fascynującym podręcznikiem. Oto od roku 1915 po raz pierwszy zebrano w jednym dziele wiadomości o chyba wszystkich taksonach tych zielenic opisanych ze wszystkich kontynentów. Na szczęście świadomie przekroczono określony tytułem serii wydawniczej zakres: oprócz euplanktonów podano też gatunki litoralne, występujące w rozmaitych drobnych zbiornikach i na siedliskach wilgotnych oraz glebowe i aerofityczne.

W przedśłowie Dr Komárek przedstawił tło i historię powstania książki. Określił dokładnie zakres pracy włożonej przez zmarłego w 1976 roku profesora Fotta i swój wkład w uzupełnienie i doprowadzenie dzieła do końca.

Krótką, ale bardzo treściwą jest część ogólna zawierająca zarówno wiele praktycznych wskazówek, jak i nowocześnie ujętą charakterystykę cech morfologicznych, sposobów rozmnażania, wymagań ekologicznych i rozmieszczenia geograficznego gatunków. Bardzo precyzyjny

i zasadniczy jest także rozdział dotyczący ewolucji ujęć systematycznych i przyjętego przez autorów postępowania w taksonomii. Świetnym uzupełnieniem tekstu są przykłady graficzne, porównawcze tabele i słownik wyjaśniający znaczenie określeń cech użytych w książce przy identyfikowaniu taksonów.

Część szczegółową otwiera krótka charakterystyka rzędu i wyodrębnionych piętnastu rodzin. W kolejnych omówieniach rodzin i rodzajów doskonałą pomocą są przeglądowe tabelki i tablice porównawcze z przykładami rysunkowymi. Opisom gatunków i niższych jednostek towarzyszą jasno sporządzone, oryginalne klucze do oznaczania.

Nie pominięto opisów i ilustracji tych taksonów, których odrębność budzi wątpliwości, lub które są niekompletnie opisane. Dodano do nich komentarze i krytyczne uwagi; nawet samo tylko opatrzenie gatunku gwiazdką lub nie opatrzenie go kolejnym numerem informuje użytkownika o konieczności ostrożnego podejścia. Ten sposób postępowania jest dowodem rzetelnej chęci ułatwienia i innym korzystania z pełnej istniejącej literatury i studiowania pokrewnych, zmiennych, lub trudnych do oznaczenia taksonów, i dążenia do wyjaśniania istniejących wątpliwości.

Szczególnie wiele trudu włożono w umożliwienie rozróżniania nadzwyczaj kłopotliwych — istniejących zresztą nie tylko w tym rzędzie — „małych zielonych kulek” (*Chlorococcaceae* i *Palmellaceae*) ilustrując zarówno zmienność gatunków, jak i ich cykle rozwojowe. Zresztą wszystkie taksony, także i z pozostałych rodzin (*Chlorochytriaceae*, *Dicranochaetaceae*, *Characiaceae*, *Treubariaceae*, *Goenkiniaceae*, *Hydrodictyaceae*, *Micractiniaceae*, *Botryococcaceae*, *Radio-coccaceae*, *Oocystaceae*, *Chlorellaceae*, *Coelastraceae*, *Scenedesmaceae*) potraktowano z jednakową precyzją.

Za szczególnie duży sukces Dr Komárka uważam sposób opracowania rodzaju *Scenedesmus*, który sprawiał oznaczającym ogromne trudności i wydawał się niemożliwy do jednolitego i logicznego przedstawienia. Jest to osobne, drobiazgowo przemyślane studium (128 stron!) oparte na krytycznie ujmowanych cechach morfologicznych przestudiowanych zarówno w mikroskopie świetlnym, jak i w mikroskopach elektronowych.

Dalsze walory książki: konsekwentne stosowanie się do przepisów International Code of Botanical Nomenclature; sumienne cytaty z pełnej literatury światowej (zestawionej na końcu fachowo przez Dr Oldřicha Lhotsky'ego); doskonała strona graficzna (świetne pod względem technicznym reprodukcje rycin, w pełni wykorzystane miejsce w tablicach); bezbłędny indeks uwzględnionych nazw łacińskich.

Nie ulega wątpliwości, że wydrukowanie tego tomu jest punktem zwrotnym w światowej historii badań nad taksonomią, biologią, ekologią i geograficznym rozmieszczeniem na wszystkich kontynentach zielenic z rzędu *Chlorococcales*. Krytycznym podejściem (właściwym dotąd raczej serii Rabenhorsts Kryptogamen-Flora) odbiega od pierwszych czysto kompilacyjnych tomów Dr G. Huber-Pestalozzi, inicjatora serii „Das Phytoplankton des Süßwassers”. Jest niewątpliwą zasługą wydawców serii „Die Binnengewässer”, że kontynuują uzupełnianie podstawowej, nowoczesnej literatury hydrobiologicznej na najwyższym poziomie. Pomnikowe dzieło J. Komárka i B. Fotta jest tego najlepszym dowodem.

Jadwiga Siemińska

Pilzflora der Deutschen Demokratischen Republik, *Basidiomycetes* Gallert-Hut-und Bauchplze), Hanns Kreisel (Hrsg.). Gustav Fischer Verlag, Jena, 1987, ss. 281.

Polskich mikologów zainteresuje niewątpliwie zbiorowe opracowanie mikoflory Niemieckiej Republiki Demokratycznej pod redakcją prof. dr Hannsa Kreisela z Uniwersytetu w Greifswaldzie. Dzięki współpracy 14 autorów, po przestudiowaniu bogatej literatury mikologicznej oraz materiałów zielnikowych, na obszarze NRD zostało zarejestrowanych 2628 gatunków macro-

mycetes należących do 394 rodzajów (rzędów: *Tremellales*, *Boletales*, *Agaricales*, *Aphylllophorales* i *Gasteromycetes* s.l.).

Część ogólna książki zawiera omówienie układu taksonów, wyjaśnienia dotyczące ich opisów, stosowanej nomenklatury i skrótów oraz wykazu literatury.

Zasadniczą część książki stanowi obszerny wykaz gatunków i rodzajów grzybów. Zastosowano tu układ alfabetyczny taksonów nie zważając na ich pozycję taksonomiczną. Układ taki umożliwia o wiele łatwiejsze znalezienie opisu poszukiwanego gatunku, wobec nie ujednoliconego jeszcze układu systematycznego grzybów podstawczaków.

Nazewnictwo grzybów oparte jest na zasadach przyjętych przez Międzynarodowy Kongres Botaniczny w Sydney (1981). Po nazwie łacińskiej zamieszczono niemiecką nazwę grzyba. Bardzo cenne są liczne synonimy i pseudonimy przy poszczególnych taksonach. Zacytowano również najbardziej znane publikacje ikonograficzne (Ricken, Bresadola, Lange, Marchand, Cetto, Dähncke, MHK — *Handbuch für Pilzfreunde*). Ponadto każdy gatunek zawiera uwagi dotyczące jego warunków siedliskowych: podłoża geologicznego, substratu (np. drewno, ściółka, mchy), związków mikoryzowych oraz powiązania ze zbiorowiskiem roślinnym. Charakterystykę poszczególnych gatunków uzupełnia ich rozmieszczenie na obszarze Niemieckiej Republiki Demokratycznej. Podano tu częstość występowania gatunku (rzadki, bardzo rozproszony, rozproszony, rozpowszechniony, pospolity) i wysokość n.p.m. (nizina 0-200 m, wyżyna 200-450 m, niższe góry 450-750 m, wyższe góry 750-1214 m). Przy rzadkich gatunkach (do 10 stanowisk) wymieniono nazwy miejscowości i okręgów (np. B — Berlin, C — Cottbus, H — Halle) oraz przytoczono nazwisko autora, który opublikował dany gatunek.

Walorem książki jest bardzo szczegółowy wykaz literatury. Wymieniono tu nie tylko prace wydrukowane, ale również materiały nieopublikowane w postaci maszynopisów, rękopisów i map. Osobny rozdział zawiera wykaz cytowanych w tekście monografii i ikonografii. W zakończeniu zamieszczono spis ważniejszych synonimów oraz spis niemieckich nazw rodzajowych grzybów.

Ukazanie się drukiem pełnego opracowania flory macromycetes NRD jest wydarzeniem ważnym również dla naszych mikologów. Praca ta dostarcza bowiem obszernych informacji o ponad 2,5 tysiącach gatunków, z których większość występuje także w Polsce. Stanowi więc bogate źródło materiałów porównawczych przydatnych zwłaszcza przy opracowywaniu flory grzybów Polski.

Maria Lisiewska

Hiroshi Kanda — *Handbook of Antarctic mosses*. Tokyo, 1987, National Institute of Polar Research, ss. 83, 15 rys. 12 map, 34 koł. tab.

Ukazanie się tej książki trzeba koniecznie odnotować, pomimo że jest ona napisana całkowicie w języku japońskim, wyjąwszy angielski tytuł, łacińskie nazwy roślin oraz spis literatury. Jej użyteczność będzie więc minimalna dla przeciętnego czytelnika, a recenzent staje przed dodatkową trudnością lingwistyczną, utrudniającą poważnie właściwy odbiór treści. Na szczęście jednak język taksonomii jest uniwersalny i nawet kilka terminów łacińskich wystarcza do zorientowania się w wartości opracowania. Ponieważ jest to w ogóle pierwsze tego typu opracowanie poświęcone florze mchów białego kontynentu, wydaje się celowe opatrzyć fakt jego ukazania się krótkim komentarzem, który może okazać się przydatny dla zainteresowanych badaniami botanicznymi w Antarktyce, a nie będących briologami.

Już sam tytuł książki jest nieco mylący, gdyż obok mchów zawarty jest tu opis i ilustracje *Cephaloziella exiliflora* (Tayl.) Douin, jedynego wiatrobowca rosnącego we Wschodniej Antarktyce (czyli na kontynencie), ale bynajmniej nie jedynego przedstawiciela tej grupy roślin w Antarktycznej Strefie Botanicznej, obejmującej obszary położone na południe od 60 równoleżnika wraz z wyspami Sandowiczu Południowego oraz samotną wyspą Bouveta. W sumie,

na tym ogromnym terytorium rośnie ponad 20 gatunków wątrobowców. Gwoli ścisłości należy dodać, że poprawna nazwa dla antarktycznych populacji określanych przez autora mianem *C. exiliflora* winna brzmieć *Cephaloziella varians* (Gottsche) Steph.

Podobnie mylne wrażenie można odnieść co do bogactwa flory mchów Antarktyki. Autor podaje tu opisy, ilustracje i mapy rozmieszczenia 10 gatunków mchów, tj. *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Bryoerythrophyllum recurvirostre* (Hedw.) Chen, *Pottia heimii* (Hedw.) Hampe, *P. austro-georgica* Card., *Sarconeureum glaciale* (C. Muell.) Card. et Bryhn, *Grimmia antarctici* Card., *G. lawiana* Willis, *Bryum amblyodon* C. Muell., *B. argenteum* Hedw. i *B. pseudotriquetrum* (Hedw.) Gaertn., Meyer et Scherb. Nie jest to niestety lista wyczerpująca, nawet dla Wschodniej Antarktyki. Stwierdzono tu bowiem co najmniej drugie tyle gatunków mchów, m. in. *Barbula byrdii* Bartr., *Didymodon gelidus* Card., *Grimmia plagiopoda* Hedw., *G. stolonifera* C. Muell., *G. fastigiata* Card., *G. donniana* Sm., *Bryum filicaule* Broth. in Dryg., *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. czy *Plagiothecium simonowii* Sav.-Lyub. et Smirn., o których nigdzie nie ma mowy w tej książce. Warto może poinformować w tym miejscu czytelnika, że flora mchów Antarktyki nie jest aż tak uboga, a na obszarze tzw. morskiej Antarktyki, obejmującej Półwysep Antarktyczny wraz z przyległymi archipelagami, można doliczyć się 60-70 gatunków, badania terenowe przynoszą ciągle nowe znaleziska.

Nie jest więc omawiana książka ani krytyczną ani też wyczerpującą florą mchów Antarktydy, a raczej tylko popularnym przewodnikiem po najpospolitszych gatunkach kontynentu w najściślejszym tego słowa znaczeniu. Na opracowanie takie trzeba będzie jeszcze trochę poczekać, chociaż jego brak daje się mocno odczuć w sytuacji gdy Antarktyka jest coraz intensywniej eksplorowana.

Warto jeszcze w tej książce zwrócić uwagę na jej wybitne walory edytorskie. Odnosi się to zwłaszcza do jakości reprodukowanych kolorowych fotografii obrazujących zarówno pokroje opisywanych gatunków, jak i siedliska na których rosną. Stanowią one prawdziwą ozdobę książki, wynagradzającą jej niedostatek treściowy i chociażby dla nich warto sięgnąć po tę pozycję.

Ryszard Ochrya

Dorothy M. Greene — A conspectus of the mosses of Antarctica, South Georgia, the Falkland Islands and Southern South America. Cambridge, 1986, British Antarctic Survey, ss. 314.

Flora mchów umiarkowanych i zimnych obszarów Ameryki Południowej włącznie z Ziemią Ognistą i Falklandami była intensywnie badana jeszcze w końcu XVIII i na początku XIX stulecia, co znalazło swój wyraz w klasycznych dziś dziełach S. E. Bridela, C. F. Schwaegrichena i J. D. Hookera. Mało kto dziś pamięta, że na podstawie materiałów zebranych właśnie w tej części świata opisane zostały po raz pierwszy takie gatunki mchów, jak *Sphagnum magellanicum* Brid. czy *S. fimbriatum* Wils. in Hook. in Hook. f. et Wils., które później okazały się być bardzo pospolite na półkuli północnej. Szczególne nasilenie botanicznej eksploracji omawianego obszaru, rozszerzonego później na Południową Georgię i całą Antarktykę, przypada na ostatnie dziesięciolecie ubiegłego wieku oraz początek bieżącego stulecia. W tym to okresie opisano stąd setki gatunków mchów, a podsumowania całej wiedzy muskologicznej dotyczącej się tego terytorium dokonał w 1908 roku francuski briolog J. Cardot. Jego „La flore bryologique des Terres Magellaniques, de la Géorgie du Sud et de l'Antarctide” przez ponad pół wieku stanowiło jedyne kompendium wiedzy briologicznej Dalekiego Południa.

Wraz z Międzynarodowym Rokiem Geofizycznym (1957-1958) rozpoczął się nowy rozdział w badaniach botanicznych Ameryki Południowej i Antarktyki. Ponieważ mchy, obok porostów,

stanowią najistotniejszy składnik roślinności lądowej w tej części świata, całkowicie zrozumiałe jest, że znalazły one poczesne miejsce w badaniach botanicznych. W tym też czasie zainicjowano zaplanowane na wiele lat przedsięwzięcia, zmierzające do opracowania krytycznych flor opisowych mchów Antarktyki, Południowej Georgii oraz Ziemi Ognistej. Niestety postęp w tych badaniach jest niezadowalający i jak dotąd, żadne z nich nie zostało ukończone. Jedną z istotnych przeszkód w badaniach taksonomicznych mchów w tym rejonie świata jest niesamowite wręcz rozproszenie prac briologicznych, publikowanych niejednokrotnie w bardzo trudno dostępnych czasopismach lokalnych czy ogólnych sprawozdaniach z rozmaitych ekspedycji. Na szczęście przeszkoda ta została już pokonana dzięki omawianej książce, która zawiera pełny wykaz mchów stwierdzonych na omawianym obszarze od początku jego eksploatacji briologicznej do końca 1977 roku.

Wykaz ten obejmuje w sumie 1727 gatunków i 254 podgatunki i odmiany mchów stwierdzonych w całej Antarktyce wraz z wyspami Łuku Scotia, na Południowej Georgii oraz w południowej części Ameryki Południowej, tj. w Chile, Argentynie i Urugwaju wraz z Falklandami, Ziemią Ognistą i wyspami Juan Fernandez. Wszystkie rodzaje ułożone są alfabetycznie, podobnie jak i gatunki w ich obrębie. Autorka przyjęła nomenklaturę zasadniczo za „Index muscorum”, odstępując od tej zasady tylko w przypadku dobrze udokumentowanych propozycji zawartych w najnowszych opracowaniach monograficznych. Każdy gatunek opatrzone jest pełną synonimią oraz wykazem prac, w których został podany z omawianego obszaru. Oprócz ważne opisanych taksonów można tu znaleźć około 60 *nomina nuda*, tj. gatunki i odmiany dotychczas nie opisane ważne z punktu widzenia zasad kodeksu nomenklatury botanicznej, a których nazwy widnieją na etykietach zielnikowych.

Wykaz literatury obejmuje około 900 pozycji i jak się zdaje jest wyjątkowo kompletny dla tej części świata. Autorka nie uwzględniła tu tylko monografii rodzaju *Archidium* Brid. opublikowanej w 1974 roku przez J. Snidera, w której zawarte są również liczne gatunki z Urugwaju i Argentyny. W wielu wypadkach autorka podaje także efektywne daty publikacji odnośnych prac, co ma bardzo istotne znaczenie przy ustalaniu priorytetu niektórych nazw.

Autorka nigdzie nie proponuje żadnych nowości nomenklatorycznych, chociaż w wielu przypadkach takowe same się nasuwają. Na przykład można podać *Acrocryphaea julacea* (Mitt.) Jaeg., która powinna nazywać się *Schoenobryum julaceum* Doz. et Molk., gdyż nazwa rodzajowa *Acrocryphaea* Jaeg. jest nomenklatorycznie nieważna. Podobnie nie zwróciła autorka uwagi na fakt, że niektóre kombinacje nomenklatoryczne istniejące w literaturze są nieważne i wymagają korekt, np. *Schistidium amblyophyllum* (C. Muell.) Herz. czy *Sciaromium conspissatum* (Hook. f. et Wils.) Mitt. var. *maritimum* (Card.) Herz. ponieważ ich autor, tj. Th. Herzog, nie dopełnił formalności wymaganych przez kodeks nomenklatury botanicznej. Nie wiadomo z jakich powodów autorka nie zamieściła w wykazie nazw rodzajowych *Notoligotrichum* G. L. Sm., pomimo że praca Smitha z 1971 roku, w której ten rodzaj jest opisany, znajduje się w wykazie literatury. Nawet jeśli wartość tego rodzaju wydaje się autorce wątpliwa (z czym absolutnie trudno się zgodzić), to fakt istnienia takiego rodzaju i szeregu nowych kombinacji z nim łączących się powinien być odnotowany przynajmniej w liście synonimów odpowiednich gatunków. Błędna jest również informacja o występowaniu *Racomitrium aquaticum* (Schrad.) Brid. w Ameryce Południowej. Gatunek ten istotnie został kiedyś podany z tego obszaru przez J. D. Hookera i Wilsona (1847), ale później Müller (1849) opisał ten materiał jako zupełnie osobny gatunek, *Racomitrium lamprocarpum* (C. Muell.) Jaeg., który nie ma nic wspólnego z holarktycznymi populacjami zwanymi *R. aquaticum*. Wymienione tu drobne uchybienia nie są jednak istotne i nie wpływają ujemnie na bardzo wysoki poziom naukowy całego opracowania.

Nikogo chyba nie trzeba będzie przekonywać co do znaczenia i wartości tego wykazu, gromadzącego praktycznie całą literaturę briologiczną dotyczącą się tak dużego i niezwykle

zróznicowanego pod względem fitogeograficznym obszaru. Stanowi on przede wszystkim idealny punkt wyjściowy o dalszych badań taksonomicznych. Wielka tylko szkoda, że doprowadzony on został tylko do roku 1977. A właśnie ostatnie dziesięciolecie przyniosło masę nowych odkryć i opracowań taksonomicznych mchów Antarktyki i południowej części Ameryki Południowej. Między innymi wyjaśniony został status niefortunnego *Bryum antarcticum* Hook. f. et Wils., który porusza autorka w kilku miejscach. Gatunek ten okazał się być synonimem bipolarnego *Desmatodon heimii* (Hedw.) Mitt. Wiele nowych odkryć poczynionych zostało również w samej Antarktyce.

Sama książka została wydana bardzo starannie, a układ treści może stanowić model dla wszelkich podobnych opracowań. Nie będzie więc chyba przesady w stwierdzeniu, że omówiona tu pokrótce pozycja zajmie trwale miejsce w podręcznej bibliotece każdego briologa zajmującego się problemami taksonomicznymi mchów Dalekiego Południa.

Ryszard Ochyra

H. C. Gangulee — Hadbook of Indian mosses. ss. 76, 50 kolorowych tablic, 5 rycin kreskowych. Amerind Publishing Co., New Delhi, 1985 oraz A. A. Balkema, Rotterdam, 1987.

H. C. Gangulee jest niewątpliwie czołową postacią w indyjskiej briologii, a swą pozycję zawdzięcza monumentalnej florz „Mosses of Eastern India and adjacent regions” wydanej wasnym nakładem w latach 1969-1980 w formie ośmiu obszernych fascykułów. Nazwisko autora zdawałoby się więc sugerować, że i omawiana tu książka, nosząca na dodatek tak ambitnie brzmiący tytuł, zasługuje na pełny respekt i szacunek. Niestety bardziej adekwatny byłby dla niej raczej tytuł „Przewodnik do oznaczania rodzajów mchów indyjskich”, ale i to byłoby za wiele. Uwzględnionych w niej bowiem zostało tylko sto rodzajów, z których wiele należy do bardzo rzadkich, podczas gdy szereg pospolitych rodzajów, takich jak *Ceratodon*, *Ditrichum*, *Dicranodontium*, *Philonotis* czy *Meteoriopsis* nie zostało tu uwzględnionych. Jest to co najmniej zastanawiające i zdumiewające, tym bardziej, że jak sam autor pisze we wstępie, niniejsza książka adresowana jest do studentów i początkujących adeptów briologii, pragnących zapoznać się z najpospolitszymi mchami.

Krótką część wstępną przynosi podstawowe informacje o budowie mchów oraz klucz do oznaczania mchów indyjskich. Chociaż klucz ten na pierwszy rzut oka wygląda imponująco, to jest on w praktyce mało użyteczny w przypadku sterylne go materiału. Ponadto pełno w nim jest niejasnych i mało precyzyjnych określeń takich jak „rośliny nie tak duże”, „lodyżki nie tak sztywne”, „liście normalne”, „zęby perystemu normalne”. Na czym ma polegać ta „normalność” nigdzie nie zostało niestety wyjaśnione. W niektórych miejscach konstrukcja klucza jest wręcz humorystyczna, np. w punkcie 87 teza brzmi „Rośliny tęgie”. Liście lodygowe bardzo duże — *Abietinella*”, podczas gdy antyteza odnosi się do „Roślin płozących się i rozgałęzionych tworzących gęste darnie w całych Himalajach — *Thuidium*”. Można tylko współczuć próbującym za pomocą takiego klucza cokolwiek oznaczyć.

Zasadnicza część książki zatytułowana jest „Opisy i ilustracje stu rodzajów mchów indyjskich” i znowu jest to tytuł w najwyższym stopniu mylący ponieważ w rzeczywistości nie ma tu opisu ani jednego nawet rodzaju. Zamiast tego są tu natomiast opisy stu gatunków reprezentujących sto rodzajów. Oczywiście w przypadku wybitnych rodzajów, jak *Sphagnum*, *Andreaea* czy *Fissidens*, może to od biedy wystarczyć do poznania danego rodzaju, ale już w przypadku rodzajów z takich rodzin jak *Dicranaceae*, *Pottiaceae* czy większości rodzajów mchów pleurokarpowych jest to zupełnie nie do przyjęcia jako sposób identyfikacji rodzaju bez podania istotnych kluczowych cech różniących pokrewne rodzaje. W rzeczywistości prezentowane tu opisy są zaczerpnięte wprost z „Mosses of Eastern India and adjacent regions”, wyjąwszy drobne i bardzo nieistotne zmiany. Wydać się, że dobór gatunków

mających reprezentować duże i powszechnie znane rodzaje jest w wielu wypadkach mało trafny i nieudany, gdyż przykładowe gatunki są mało znane, i zupełnie nie reprezentatywne dla danych rodzajów, np. *Pohlia ampullacea*, *Brachymerium ochianum* czy *Daltonia decolii*. Łatwo jest jednak zrozumieć to podejście patrząc na nazwiska autorów każdego z tych gatunków. Wszystkie opisał sam autor niniejszej książki.

Najbardziej rzucającą się w oczy częścią tej książki są niewątpliwie kolorowe ilustracje opisanych tu gatunków. W wielu wypadkach pozwalają one na natychmiastową identyfikację pospolitych gatunków mchów indyjskich. Większość ilustracji jest niestety tylko kiepską kopią czarno-białych rycin z „Mosses of Eastern India and adjacent regions”. Ich jakość zdecydowanie pogarsza kolorowanie. Bardzo zła jakość reprodukcji sprawia, że kolory są nierzeczywiste i zupełnie odbiegające od prawdziwych barw mchów.

Biorąc pod uwagę wszystkie wyżej wymienione najważniejsze uchybienia, użyteczność tej książki jest minimalna. Należy więc przestrzec potencjalnych jej nabywców przed nabraniem się na szumnie brzmiący tytuł i nazwisko autora. W tym wypadku zainwestowanie 30 dolarów w ten ewidentny bubel jest niczym nieuzasadnioną rozrzutnością.

Ryszard Ochyra

A. F. Dyer, J. G. Duckett (red.) — The experimental biology of bryophytes (Experimental botany. An International Series of Monographs, Vol. 19). ss. 281. Academic Press, London, 1984.

W znanej i powszechnie cenionej serii wydawniczej „Experimental botany” ukazał się kolejny, 19 tom poświęcony biologii eksperymentalnej mszaków. Choć badania w tej dziedzinie zostały zapoczątkowane jeszcze w początkach obecnego stulecia klasycznymi dziś pracami Marchalów, Wettsteina i Lorbeera, to przez wiele lat pozostawały one niejako w cieniu analogicznych badań prowadzonych na roślinach naczyniowych. W ostatnich dziesięciokilku lat obserwuje się jednak nie notowany dotąd wzrost zainteresowania badaczy tą dziedziną briologii, zwłaszcza gdy mszaki okazały się idealnymi nieraz obiektami do badań, na przykład fizjologicznych czy genetycznych.

Literatura fachowa poświęcona eksperymentalnej biologii mszaków jest obecnie olbrzymia, a niektóre zagadnienia z tej dziedziny doczekały się już wielu opracowań podsumowujących dotychczasowy stan badań, które ukazały się w tak dobrze znanych dziełach briologicznych, jak „Bryophyte systematics” (1979), „Advances in bryology” (1981, 1983), „Bryophyte ecology” (1982) czy „New manual of bryology” (1983, 1984). Pomimo tego dawał się poważnie odczuwać brak obszerniejszego podręcznika, który byłby wyłącznie poświęcony zagadnieniom biologii eksperymentalnej mszaków i aktualnemu stanowi wiedzy w tej dziedzinie. Tą dotkliwą lukę w pełnej rozciągłości wypełnia omawiana książka.

Składa się na nią 11 rozdziałów napisanych przez 14 autorów. Szereg z nich dotyczy zagadnień, które dotychczas nie doczekały się przeglądowych opracowań. Odnosi się to w szczególności do rozdziału piątego „The culture of bryophytes including apogamy, apospory, parthenogenesis and protoplasts” (M. Lal), szóstego „Cell and plastid cycles” (D. J. Paolillo, Jr.), dziewiątego „Photomorphogenesis of mosses and liverworts” (E. Hartmann i G. J. Jenkins) oraz jedenastego „Photosynthesis and photosynthetic products in mosses” (N. Valanne).

Pozostałe rozdziały, tzn. drugi „Structure and ecological adaptation” (M. C. F. Proctor), trzeci „Breeding systems in bryophytes” (R. Wyatt i L. E. Anderson), czwarty „The cytogenetics of bryophytes” (M. E. Newton), siódmy „Development in bryophytes” (B. Knoop), ósmy „The hormonal regulation of gametophytic development in bryophytes” (D. J. Cove i N. W. Ashton) oraz dziesiąty „Uptake of mineral elements and their use in pollution

monitoring" (D. H. Brown) prezentują problemtykę, która w ostatnich latach doczekała się już szeregu opracowań przeglądowych. Nie oznacza to jednak, że rozdziały te są nieinteresujące, czy mało przydatne. Wręcz przeciwnie, ich autorzy prezentują w nich oryginalny sposób widzenia i interpretacji odkryć będących dziełem ostatnich lat, i nierzadko w rozmaity i kontrowersyjny sposób interpretowanych przez różnych badaczy. Tyczy się to przede wszystkim wysoce interesującego rozdziału poświęconego cytogenetyce mszaków, w którym na specjalną uwagę zasługuje oryginalna koncepcja dotycząca roli i znaczenia dodatkowych chromosomów, określonych przez autorkę nowym terminem B-chromosomów.

Jest rzeczą oczywistą, że obecnie pisanie artykułów przeglądowych jest zadaniem szczególnie trudnym, zwłaszcza w tak młodej i ciągle jeszcze żywiołowo rozwijającej się dyscyplinie jaką jest niewątpliwie biologia eksperymentalna mszaków, gdzie stale nowe odkrycia potwierdzają bądź obalają zdawałoby się pewne i niepodważalne hipotezy i teorie stawiane przez wcześniejszych autorów. Wydaje się, że w przypadku niniejszej książki autorzy znakomicie wywiązali się z powierzonego im zadania, oddając do rąk czytelnika książkę zawierającą ogrom informacji przedstawionych w sposób niezwykle oryginalny, a zarazem jasny i logiczny. Rzeczą godną podkreślenia jest, że w niektórych rozdziałach znajdują się informacje o zupełnie nowych odkryciach, dokonanych przez autorów w trakcie przygotowywania tych opracowań, jak na przykład stwierdzenie po raz pierwszy rozwoju partenogenetycznego u mchów z rodzaju *Physcomitrium*, a mianowicie u *Ph. cyathicarpum* Mitt., *Ph. pyriforme* (Hedw.) Brid. i *Ph. coorgense* Brth. Ponadto każdy rozdział opatrzony jest pokaźnym zestawem cytowanej literatury, stanowiącej znakomitą lekturę uzupełniającą.

Niniejsza książka jest kolejnym, bardzo ważnym przyczynkiem do światowej literatury briologicznej i stanowi znakomite uzupełnienie „Bryophyte ecology”*, i „New manual of bryology”** dzieł, które stanowią prawdziwe kompendia wiedzy briologicznej. Sądzić należy, że omówione tu pokrótce dzieło okaże się bardzo ciekawą lekturą nie tylko dla briologów, ale również dla wszystkich badaczy zajmujących się biologią eksperymentalną roślin oraz, że odegra ono ważną, stymulującą rolę dla przyszłych badań na tym polu.

Ryszard Ochyra

R. E. Daniels, A. Eddy — Handbook of European *Sphagnum*. Institute of Terrestrial Ecology, Huntington, 1985, ss. 262, 41 fotografii wielobarwnych, 85 ryc.

Ostatnie dziesięciolecie to okres wzmożonego zainteresowania briologów torfowcami (*Sphagnum* L.). Rezultatem tego są rozliczne opracowania taksonomiczne tego rodzaju w różnych częściach świata, np. w Ameryce Północnej i Środkowej H. Cruma (1985), tropikalnej Azji A. Eddy'ego (1977) czy tegoż samego autora rewizja afrykańskich materiałów *Sphagnum* (1985). Do tego wszystkiego należy jeszcze dodać bardzo liczne szczegółowe i syntetyczne studia nad ekologią, fizjologią i socjologią tych roślin, co daje w sumie bardzo optymistyczny obraz coraz lepszego i wszechstronnego poznawania tych niezmiernie ważnych w ekonomice przyrody roślin. Kolekcję wyżej wzmiankowanych opracowań wzbogaca omawiana tu książka, będąca przewodnikiem do oznaczania torfowców europejskich.

Europa jest kolebką sfagnologii i ma na tym polu chlubne i znaczące osiągnięcia. Jej rozwój znaczyły w ubiegłym stuleciu klasyczne dziś prace S. O. Lindberga, R. Braithwaite'a oraz C. Warnstorfa, a ich ukoronowaniem była „Sphagnologia universalis” wydana przez tego ostatniego badacza w 1911 roku, a będąca przeglądem systematycznym torfowców

* Patrz recenzja R. Ochyry — Kosmos 33, 85-87, 1984.

** Patrz recenzja R. Ochyry — Kosmos 34, 662-668, 1985.

całego świata. Od tego czasu w taksonomii torfowców dokonał się znaczny postęp, a wiele koncepcji taksonomicznych XIX-wiecznych autorów uznać należy za przestarzałe i wymagające rewizji. Zatem nowe spojrzenie na taksonomię europejskich torfowców stało się koniecznością i nakazem chwili. Niestety niniejsza książka nie jest jeszcze tym opracowaniem na które wszyscy czekają i jakiego Europa winna się doczekać. Nie jest to bowiem w pełni krytyczna i nowoczesna monografia rodzaju *Sphagnum* na naszym kontynencie, oparta na rozległych studiach zielnikowych, literaturowych, a w razie potrzeby i eksperymentalnych, ale jest to na pewno solidnie zrobiony przewodnik do oznaczania gatunków torfowców, jakim dysponuje obecnie bez mała prawie każdy kraj europejski, tyle że rozszerzony na cały kontynent. Nie ma to wszakże większego praktycznego znaczenia ponieważ większość gatunków torfowców ma szerokie rozmieszczenie w Europie, przynajmniej w strefie umiarkowanej i borealnej.

Według autorów omawianej tu książki w Europie rośnie 40 gatunków torfowców oraz szereg odmian w krytycznych kompleksach *S. recurvum* P. Beauv., *S. subsecundum* Nees i *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw. Opisy wszystkich taksonów są obszerne i wyczerpujące, a istotne taksonomiczne cechy zostały specjalnie wypunktowane. Dobrym ich uzupełnieniem są świetne ryciny kreskowe, ilustrujące m.in. liście gałązkowe i łodygowe, przekroje liści gałązkowych i łodyżek, komórki blaszki liściowej oraz układ gałązek w węzłach. Do pewnego stopnia użyteczne i pomocne przy oznaczaniu mogą być kolorowe fotografie wszystkich gatunków, które są wyjątkowo dobrze reprodukowane, przez co dobrze oddają charakterystyczny pokrój każdego z gatunków. Opis każdego taksonu jest opatrzony również dyskusją taksonomiczną, która zawiera omówienie krytycznych cech, będących źródłem pomyłek i błędnych interpretacji z powodu ich zmienności.

Rozmieszczenie każdego gatunku zostało przedstawione na mapach zasięgowych. Niestety można mieć sporo zastrzeżeń co do ich przybliżonej nawet wierności, co dowodzi, że autorzy nie za bardzo przyłożyli się do przeglądnięcia wyselekcjonowanych materiałów dla danego gatunku z poszczególnych krajów europejskich. Rezultatem są paradoksalne wręcz przykłady zasięgów takich gatunków jak *S. cuspidatum* Hoffm., *S. fallax* (Klinggr.) Klinggr. czy *S. angustifolium* (Russ.) C. Jens., które jakoby prawie wcale nie występują w Niemczech (!), co oczywiście mija się całkowicie z prawdą. Szczególnie ulubionym sposobem przedstawiania rozmieszczenia wielu gatunków w Polsce, czyli w Europie Środkowej, np. *S. riparium* Angstr., *S. tenellum* (Brid.) Bory, czy *S. contortum* Schultz, jest rozległa biała plama na całym terytorium z wąskim tylko pasem występowania w strefie nadbałtyckiej. Gdyby autorzy pofatygowali się rzucić tylko okiem na materiał tych gatunków wydany przez polskich briologów w różnych wydawnictwach eksykatowych, to na pewno przedstawiliby kolegom w innych krajach europejskich, i nie tylko, zupełnie inny obraz rozmieszczenia tych gatunków w tej części Europy. Szkoda, tym bardziej, że materiał ten był w zasięgu ręki, przynajmniej dla drugiego autora, który jest kuratorem największego zielnika briologicznego w świecie jakim jest British Museum (Natural History) w Londynie.

Ujęcia taksonomiczne są w większości tradycyjne i dobrze ugruntowane w literaturze. Autorzy, całkiem zresztą słusznie, wskrzesili z zapomnienia sekcję *Mollusca* Schlieph. ex Casares-Gil dla *S. tenellum* (Brid.) Bory (nota bene cytują oni błędnie nazwiska autorów tego gatunku jako „(Brid.) Brid.”, ale nomenklatura nie wydaje się być ich najmocniejszą stroną). *S. centrale* C. Jens. zostało zredukowane do odmiany *S. palustre* L., z którym to rozwiązaniem można się całkowicie zgodzić. Niestety proponowana przez autorów nowa kombinacja *S. palustre* L. var. *centrale* (C. Jens.) Eddy jest z punktu widzenia zasad nomenklatury nieważna ponieważ istnieją co najmniej cztery starsze nazwy w randze odmiany dla tego taksonu, które winny stanowić bazonim dla nowej kombinacji. Opisyany niedawno z Arktyki gatunek *S. arcticum* Flatberg & Frisvoll autorzy uważają za niewiele znaczącą modyfikację arktyczną *S. girgensohnii* Russ. z czym należy raczej się zgodzić sądząc po rycinach i opisie dostarczonym przez norweskich autorów oraz biorąc pod uwagę polimorfizm tego ostatniego gatunku.

Dane ekologiczne dla każdego gatunku zostały szczegółowo opisane w tekście, a ponadto przedstawione w pomysłowej formie graficznej na diagramach obrazujących zależność każdego z nich od wilgotności i kwasowości podłoża. Niestety w kilku wypadkach tekst nie zgadza się z diagramami. Na przykład według tekstu *S. palustre* L. i *S. quinquefarium* (Braithw.) Warnst. oraz *S. angermanicum* Melin i *S. papillosum* Lindb. mają bardzo często występować na podobnych lub identycznych siedliskach i w dodatku razem, podczas gdy z wykresów wynika, że gatunki te absolutnie wykluczają się ekologicznie.

Klucze do oznaczania gatunków są dobrze skonstruowane, a dobór cech wyjątkowo trafny. Jest to sporą zaletą tej książki, która ma przecież służyć do identyfikacji materiałów i to nie tylko dla briologów ale także dla szerokiej rzeszy ekologów, torfiarzy itd. Jak w każdej książce tego typu część wstępna poświęcona jest ogólnemu omówieniu budowy, biologii, ekologii, rozmieszczeniu oraz znaczeniu torfowców w przyrodzie, które dla nie-briologów winny być bardzo użyteczne. Irytujący jest natomiast brak skorowidza dla nazw taksonów występujących w tekście i wydaje się, że jest to sporym uchybieniem w tego typu książce.

Jako podręczny klucz do oznaczania europejskich torfowców, omówiona tu książka jest naprawdę godna polecenia i na pewno będzie się cieszyć sporym wzięciem.

Ryszard Ochyra

René Schumacker (red.) — Atlas de distribution des bryophytes de Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg et des régions limitrophes. 1. *Anthocerotae & Hepaticae* (1830-1984). Jardin Botanique National de Belgique, Meise, 1985, ss. 42, 169 map.

Prezentowane tu opracowanie jest pierwszą częścią „Atlasu rozmieszczenia geograficznego mszaków w Belgii i Luksemburgu”, poświęconą wątrobowcom i glikom. Jego druga część obejmująca mchy jest w przygotowaniu. W pracach nad tym epokowym dla belgijskiej briologii dziełem wzięło udział ponad siedemdziesięciu wybitnych hepaticologów europejskich, weryfikujących materiały zielnikowe od strony taksonomicznej, oraz bardzo liczna grupa belgijskich briologów zawodowych i amatorów. Całość przedsięwzięcia koordynował Profesor René Schumacker z uniwersytetu w Liège, nota bene koordynator podobnego „Atlasu” poświęconego mappingowi mszaków w Europie. Niniejszy „Atlas” został wydany w formie teczki zawierającej 169 luźnych map przedstawiających rozmieszczenie wszystkich gatunków wątrobowców i glików na badanym terytorium oraz tekst objaśniający. W „Atlasie” uwzględnione zostały wszystkie dane florystyczne zebrane od roku 1830 do końca 1984 roku.

„Atlas” obejmuje swym zasięgiem nie tylko Belgię i Luksemburg w ich politycznych granicach, ale także ościennie terytoria Holandii, Francji i Niemiec Zachodnich. To rozszerzenie granic sprawiło, że badaniami objęte zostały praktycznie całe Ardeny, obszar niezmiernie ważny i interesujący z briogeograficznego punktu widzenia. Rozmieszczenie wszystkich gatunków przedstawione zostało w oparciu o siatkę kwadratów 4×4 km, których jest w sumie 3197 na całym badanym obszarze. Pomimo stosunkowo niewielkiej powierzchni oraz relatywnie dużej grupy aktywnie pracujących briologów, Belgia i Luksemburg pozostają bardzo nierównomiernie zbadane pod względem chorologicznym. Zadowalający jest tylko stan zbadania Ardenów, podczas gdy aż z 52% kwadratów nie ma w ogóle danych lub podano z nich najwyżej jeden gatunek.

Wszystkie dane florystyczne od 1950 roku przedstawione zostały na mapach w formie czarnych kwadratów, podczas gdy starsze dane, pochodzące sprzed 1950 roku, oznaczone zostały czerwonymi trójkątami. Każdej mapie towarzyszy krótki tekst podający między innymi liczbę kwadratów w których dany gatunek został zanotowany, dane ekologiczne oraz omówienie lokalnego rozmieszczenia na obszarze wyróżnionych siedmiu regionów fitogeograficznych Belgii

i Luksemburga. Regiony te zostały krótko scharakteryzowane w części wstępnej, która zawiera także zbiorcze mapy, obrazujące rozmieszczenie gatunków należących do ośmiu elementów fitogeograficznych reprezentowanych we florze omawianych krajów. Wydaje się, że celowe byłoby zamieszczenie tutaj także podobnych map przedstawiających różne parametry klimatyczne, budowę geologiczną i gleby, które stanowiłyby duże ułatwienie przy interpretacji map rozmieszczenia poszczególnych gatunków.

Zróżnicowanie w budowie geologicznej Belgii i Luksemburga znajduje swe wyraźne odbicie w lokalnym rozmieszczeniu wątrobowców, a bardzo wyraźną linię demarkacyjną stanowią tu Moza i Sambra. Obszary położone na północ i na zachód od tych rzek mają wybitnie niżowy charakter i są zbudowane z młodych, plejstocenijskich utworów. Tylko nieliczne gatunki wątrobowców znane są wyłącznie z tej części omawianego terytorium, np. *Lophozia capitata* (Hook.) Macoun, *Lunularia cruciata* (L.) Dum., *Riccia bifurca* Hoffm. czy *Sphaerocarpos michelli* Bellardi. Brak większego zróżnicowania budowy geologicznej tego obszaru objawia się dużą monotonią i raczej ubóstwem flory wątrobowców.

Zupełnie inna sytuacja panuje w południowej, wyżynnej części Belgii, zbudowanej ze starych, miejscami prekambryjskich skał, zarówno wapiennych jak i bezwapiennych. Wiele gatunków, chociaż znanych z całego terytorium, ma tu swój punkt ciężkości występowania, np. *Frullania tamarisci* (L.) Dum., *F. dilatata* (L.) Dum., *Plagiochila porelloides* (Nees) Lindenb., *Scapania undulata* (L.) Dum., czy *Lejeunea cavifolia* (Ehrh.) Lindb. Ponadto wiele rzadkich gatunków, np. *Barbilophozia floerkei* (Web. & Mohr) Loeske, *Douinia ovata* (Dicks.) Dum., *Harpanthus scutatus* (Web. & Mohr) Spruce, czy *Jamesoniella autumnalis* (DC.) Steph. jest całkowicie ograniczona w swym występowaniu do południowych części Belgii i Luksemburga. Niektóre stanowiska są tu wyjątkowo bogate florystycznie, np. okręg Petite-Suisse w Luksemburgu, bardzo dobrze znany w fitogeografii jako ostojowe stanowisko *Hymenophyllum tunbridgense* (L.) Sm. Mają tu swe jedyne stanowiska na omawianym obszarze takie gatunki wątrobowców, jak *Scapania umbrosa* (Schrad.) Dum., *Lopocolea fragrans* (Moris & De Not.) Gott. et al., *Geocalyx graveolens* (Schrad.) Nees, czy *Bazzania flaccida* (Dum.) Grolle.

Osiem gatunków wątrobowców podanych wcześniej z Belgii i Luksemburga trzeba uznać za zaginione w tych krajach, ale w większości były to gatunki bardzo rzadkie, znane tylko z pojedynczych stanowisk. Wiele natomiast gatunków, ongiś bardzo pospolitych, jak to pokazują mapy rozmieszczenia, w chwili obecnej gwałtownie kurczy swój zasięg. Oczywiście za ten stan rzeczy, podobnie jak i w innych krajach europejskich, odpowiedzialne są przede wszystkim zatrucie powietrza oraz wycinanie starych drzew, żywiących bardzo liczne gatunki epifityczne. Tylko jeden atunek, *Nowellia curvifolia* (Dicks.) Mitt., wyraźnie powiększa obecnie swój dotychczasowy zasięg, czemu sprzyja wyraźnie rozwój plantacji drzew iglastych.

Omówiony tu pokrótce „Atlas” stanowi nie tylko podsumowanie całej dotychczasowej wiedzy florystycznej w Belgii i Luksemburgu odnośnie wątrobowców i glików, ale stanowi przede wszystkim znakomity punkt wyjściowy do dalszych badań tego typu, zwłaszcza w rejonach będących nadal białymi plamami jeśli idzie o znajomość ich hepaticoflory. Redaktorowi całego przedsięwzięcia oraz jego licznym współpracownikom należy tylko pogratulować tak udanego dzieła oraz życzyć jak najszybszego ukończenia jego drugiej części poświęconej mchom.

Ryszard Ochyra

E. Kits van Wavéren — The Dutch, French and British species of *Psathyrella*. Persoonia, supplement volume 2, Rijksherbarium, Leiden, ss. 300. 1985.

W znanym naukowym holenderskim czasopiśmie mikologicznym „Persoonia”, ukazała się monografia jednego z najtrudniejszych i najbogatszych w gatunki rodzajów w obrębie rzędu *Agaricales* (podgromada *Basidiomycotina*). Autorem monografii *Psathyrella* jest dr Emile

Kits van Waveren, urodzony w 1906 roku, lekarz i mikolog, który grzybami zajmuje się już od roku 1917.

W omawianej książce uwzględnione są gatunki *Psathyrella* znane z trzech krajów: Holandii, Francji i Wielkiej Brytanii.

Autor w kolejnych rozdziałach części wstępnej przedstawił metodę pracy, zasady dokonywania zbiorów i ich przechowywania, cechy makroskopowe owocników i ich zmienność, elementy budowy widoczne pod mikroskopem, klasyfikację wewnątrzrodzajową i nomenklaturę.

Część główna zawiera 123 taksonów (gatunków, podgatunków, odmian i form) oraz klucze do oznaczania. Rodzaj *Psathyrella* dzieli się na dwa podrodzaje: *Psathyrella* i *Psathyra* oraz na kilkanaście sekcji. Opisy gatunków są stosunkowo krótkie ale bardzo dokładne i wyczerpujące. Dla każdego z nich podano wykazy synonimów wraz ze źródłami. Tekst jest bardzo bogato ilustrowany: zawiera blisko 450 kreskowych rycin obrazujących owocniki, cystydy, podstawki i zarodniki.

Dr Kits van Waveren wprowadził w swoim opracowaniu wiele nowych ujęć. Można się o tym przekonać porównując jego monografię z florą M. Mosera (1983). W książce holenderskiego mikologa znalazły się liczne, nowe taksony opisane w ostatnich latach przez samego Kitsa van Waverena lub przez innych autorów (np. P. D. Ortona lub A. H. Smitha). Warto zwrócić uwagę na niektóre gatunki: *Psathyrella atomata* zdaniem autora to *nomen dubium*. Takson ten powinien nosić nazwę *P. prona* for. *cana*. Również *P. calcarea* stanowi synonim *P. prona*. *Psathyrella velutina* wyłączona jest z rodzaju *Psathyrella* i zalicza się ją obecnie do rodzaju *Lacrymaria* pod nazwą *L. lacrymabunda*. *Psathyrella cotonea* powinna nazywać się *P. casca*. Liczne gatunki występujące u Mosera Kits van Waveren określa jako niepewne. Dotyczy to np. *P. subcernua*, *P. gordonii*, *P. scobinacea*, *P. battarae*, *P. fibrillosa*.

Opracowanie pozbawione jest wprawdzie barwnych ilustracji, ale autor przy wielu gatunkach cytuje taką ikonografię zawartą u innych autorów (np. u Langego, Cooke'a, Michaela, Hénninga i Kreisela).

Kits van Waveren stosuje oczywiście zapis autorów nazw zgodnie z nowymi zasadami Międzynarodowego Kodeksu Nomenklatury Botanicznej przyjętymi w Sydney.

Książkę zamykają: wykaz nowych nazw, nowych taksonów (w liczbie 30), bogata bibliografia przedmiotu i krótka biografia Kitsa van Waverena (z portretem) napisana przez znanego holenderskiego mikologa C. Basa.

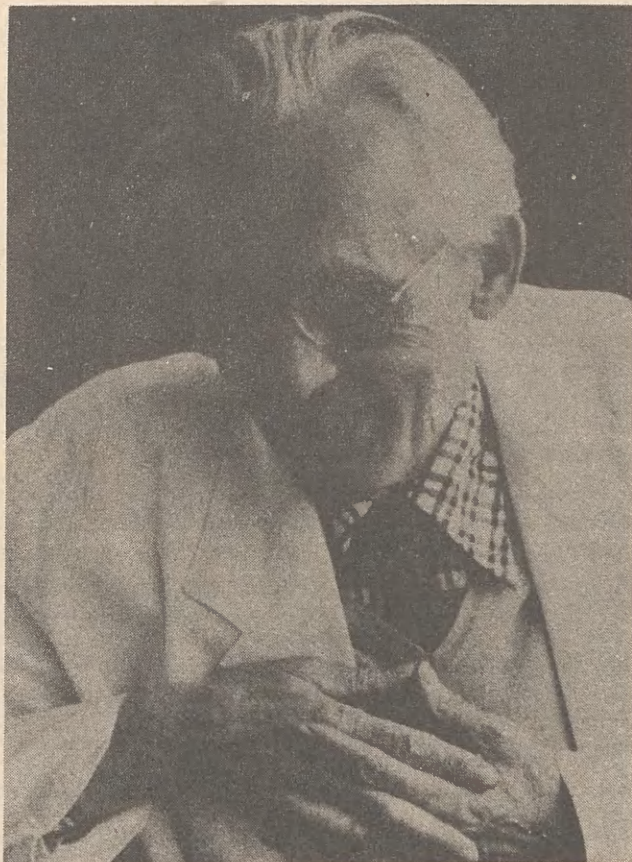
Monografia Kitsa van Waverena należy niewątpliwie do najważniejszych dzieł mikologicznych jakie pojawiły się w ostatnich latach w światowej mikologii.

Władysław Wojewoda

DR RUDOLF WILCZEK (1903-1984)

Dziwiętnastego maja 1984 roku zmarł w Brukseli dr Rudolf Wilczek, znakomity polski botanik, specjalista w zakresie briologii oraz wybitny badacz i znawca roślinności Konga i Ruandy-Urundi.

Bogaty dorobek naukowy dr R. Wilczka nie był na ogół znany w kraju, ponieważ Zmarły działał i publikował w okresie powojennym za granicą. Zasluguje jednak na to, aby przynajmniej we wspomnieniu pośmiertnym zarysować w naszym szerzej dostępnym czasopiśmie sylwetkę znakomitego polskiego botanika i uwypuklić jego twórczy dorobek naukowy, dzięki któremu przysłużył się do rozwoju botaniki w skali światowej.



Rudolf Wilczek urodził się 1 listopada 1903 roku w Cierpiszu, gmina Czarna, w województwie krakowskim. Studia akademickie rozpoczął w 1924 roku na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie. Bardzo wcześnie, bo już w następnym roku (1925), zajął się specjalizacją w zakresie systematyki i morfologii roślin, a specjalnie

w dziedzinie briologii pod kierunkiem prof. dr Stanisława Kulczyńskiego, ówczesnego kierownika Katedry Systematyki i Morfologii Roślin Uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie. W roku 1927 R. Wilczek został mianowany asystentem w Instytucie Uprawy i Ochrony Roślin Wydziału Rolniczego w Dublanach pod Lwowem, należącym organizacyjnie do Politechniki Lwowskiej. Asystentura poza Uniwersytetem nie spowodowała jednak zmiany jego kierunku specjalizacyjnego, któremu pozostaje nadal wierny. W sierpniu 1927 roku bierze udział w pięciodobnej wyprawie naukowej w Karpaty Wschodnie, prowadzonej przez prof. St. Kulczyńskiego, gdzie zbiera bogate materiały briologiczne z opracowywanych zespołów roślinności górskiej. W latach 1927-1939 współpracuje także ze znakomitym botanikiem lwowskim prof. dr Marianem Koczwara, który w drugiej połowie lat trzydziestych badał zespoły stepowe Podola i roślinność skalistych brzegów Dniestru. R. Wilczek oznacza próbki mchów zebrane w wspólnie opracowywanych zespołach. Niestety wyniki tych badań nie zostały opublikowane, gdyż manuskrypty przygotowanych do druku prac zaginęły podczas drugiej wojny światowej.

Od 1 sierpnia 1928 roku do 28 lutego 1932 roku R. Wilczek był zatrudniony na stanowisku asystenta w Biurze Projektów Melioracji Polesia w Brześciu nad Bugiem. Brał wówczas udział w pracach naukowych na Polesiu, kierowanych przez prof. St. Kulczyńskiego. Powierzono mu opracowanie klasyfikacji fitosocjologicznej tamtejszych rozległych torfowisk, wyjaśnienie ich genezy, a na podstawie zebranych materiałów badawczych również ocenę przydatności gospodarczej torfowisk po racjonalnym zmeliorowaniu niedostępnych wówczas terenów bagiennych. Dokładniejsze wyniki powierzonych R. Wilczkowi badań zostały wyszczególnione w opracowaniu syntetycznym prof. St. Kulczyńskiego opublikowanym w latach 1939-1940 w Krakowie pt. „Torfowiska Polesia”.

Opracowując torfowiska poleskie R. Wilczek nie zaniedbuje jednocześnie prowadzonych prac nad florą dyluwialną odkrytą w okolicy Rudki-Wistowice. Opublikowane wyniki badań tej flory kopalnej posłużyły za podstawę do uzyskania przez ich autora stopnia doktora filozofii w dziedzinie botaniki ze specjalnością z zakresu systematyki roślin.

1 marca 1932 roku przenosi się dr R. Wilczek ze Lwowa na Górny Śląsk do Mysłowic na stanowisko nauczyciela biologii w szkole średniej. Jednocześnie współpracuje bezpłatnie z Muzeum Przyrodniczym w Katowicach. Wolny czas od zajęć szkolnych poświęca opracowaniu flory mszaków, pochodzących z odkrywek dyluwialnych w Walawie i Baryczy oraz materiałów briologicznych z zespołów leśnych okolicy Cieszyna.

W 1937 roku bierze udział w pierwszej polskiej wyprawie naukowej na Grenlandię. Przebywa na wschodniej stronie tej wyspy, gdzie prowadzi przez trzy miesiące badania fitosocjologiczne roślinności tundrowej. Zbiera i gromadzi cenny materiał zielnikowy, który w bardzo ciężkich warunkach terenowych przewozi na statek zakotwiczony w dość odległej zatoce. Zbiory te wraz ze szczegółowymi opisami warunków ekologicznych roślin zostały przywiezione do Polski, lecz niestety nie doczekały się syntetycznego opracowania, gdyż podczas drugiej wojny światowej uległy prawie całkowitemu zniszczeniu. Wspomnienia z wyprawy na Grenlandię stanowiły dla dr R. Wilczka niewyczerpane źródło emocjonalnych doznań z powodu uroku i piękna przyrody Arktyki, o czym chętnie i z entuzjazmem opowiadał.

Kampanię wojenną 1939 roku odbył na froncie jako podporucznik rezerwy. Po kapitulacji armii polskiej dostaje się do obozu jenieckiego w Murnau w Niemczech, gdzie przebywa do 30 czerwca 1945 roku.

Po wojnie dr R. Wilczek osiedlił się w Brukseli, w Belgii, lecz nie przyjął obywatelstwa belgijskiego. Nawiązał współpracę z Ogrodem Botanicznym Uniwersytetu Brukselskiego. Utrzymuje się początkowo, wraz z rodziną, z subwencji przyznanej mu jako oficerowi rezerwy przebywającemu na wygnaniu. Dotację tę otrzymuje od 1 lipca 1945 roku do 31 stycznia 1947 roku. W tym okresie, z inspiracji prof. Haumana, botanika uniwersyteckiego Ogródu Botanicznego w Brukseli przeprowadza krytyczne opracowanie materiałów zielnikowych rodzaju

Dicranum ze zbiorów brukselskiego Ogródu Botanicznego. Jednocześnie pracuje nad opanowaniem języka francuskiego, który był mu całkowicie obcy. W 1947 roku otrzymuje z Uniwersytetu Wrocławskiego propozycję objęcia Katedry Systematyki i Morfologii Roślin w tej Uczelni, lecz ze względów rodzinnych z tej oferty nie skorzystał. Nie mając obywatelstwa belgijskiego, jako obcokrajowiec nie może liczyć na objęcie stanowiska na Uniwersytecie Brukselskim, zgodnie ze swym wykształceniem i specjalizacją naukową. Dlatego wieczorami uczęszcza na kursy ogrodnicze, aby w przyszłości móc pracować w praktycznym ogrodnictwie. Los jednak zgłotował dr R. Wilczkowi korzystną niespodziankę. W tym czasie Kongo było jeszcze kolonią belgijską. Rząd Belgii postanowił podnieść i rozwinąć rolnictwo w swej posiadłości w oparciu o bogatą rodzimą florę. Znajomość flory Konga w tym czasie była bardzo słaba z powodu braku jej naukowego opracowania. Dla zmiany i poprawy tego stanu powołano specjalną komisję, złożoną z pracowników naukowych brukselskiego Ogródu Botanicznego z zadaniem systematycznego opracowania i wydania naukowego opisu flory Konga Belgijskiego i Ruanda-Urundi. W skład powołanej Komisji wszedł również dr R. Wilczek. Przedmiotem opracowania były w pierwszej kolejności zbiory zielnikowe tropikalnej roślinności kongijskiej zgromadzone w pracowni i pomieszczeniach brukselskiego Ogródu Botanicznego.

W pracy nad florą Konga ujawnił dr R. Wilczek swój szczególny talent badawczy. W latach 1948-1974 opracował samodzielnie lub we współpracy z innymi botanikami belgijskimi tropikalną florę Konga w ujęciu systematycznym. Posługiwał się przy tym nowoczesnymi metodami badawczymi modyfikując je w oparciu o swoje ogromne doświadczenie i zdobytą wprawę taksonomiczną. Wyniki powyższych badań wydano w formie 29 obszernych publikacji naukowych. Stanowią one obecnie podstawowe i gruntowne źródło poznania tropikalnej roślinności Afryki Środkowej. Swoimi badaniami objął dr R. Wilczek następujące rodziny flory kongijskiej: *Casuarinaceae*, *Lauraceae* (we współpracy z W. Robyns), *Capparidaceae* (wspólnie z L. Hauman), *Papilionaceae*, *Malpighiaceae*, *Linaceae* (wspólnie z R. Boutique), *Hippocrateaceae*, *Oxalidaceae*, *Celastraceae*, *Balsaminaceae* (wspólnie z G. M. Schulze).

W obrębie wyszczególnionych rodzin dr R. Wilczek wyróżnił i opisał, przeważnie samodzielnie lub przy współpracy z innymi botanikami, 7 nowych rodzajów i 3 podrodzaje oraz 205 nowych gatunków i 27 odmian roślin tropikalnych. W dowód uznania za ogromny wkład pracy i osiągnięte wyniki, Belgijskie Królewskie Towarzystwo Botaniczne przyznało dr R. Wilczkowi w 1956 roku nagrodę im. Wildemana.

Oprócz badań związanych z opracowaniem systematycznym flory kongijskiej dr R. Wilczek bierze udział w pracach Międzynarodowego Programu Biologicznego, a szczególnie w sekcji „Puli genowej”. Chodziło tu o podniesienie produktywności miejscowych roślin będących w uprawie w oparciu o ich selekcję genetyczną. W tym celu dr R. Wilczek zajął się doskonałaniem kolekcji afrykańskich roślin strączkowych z podrodziny *Phaseoleae* oraz rodzimymi odmianami z rodzaju *Avena*, *Triticum* i *Beta*.

W 1968 roku dr R. Wilczek przechodzi na emeryturę, ale nie ustaje w pracy badawczej pomimo podeszłego wieku. Wraca do swoich początkowych zainteresowań naukowych, to jest do briologii. Bierze na swój warsztat badawczy rodzaje *Pohlia* i *Bryum* z miejscowej flory. Przeprowadza krytyczną rewizję dotychczasowych oznaczeń i wyróżnia 5 nowych gatunków dla belgijskiej flory mszaków.

Dorobek naukowy dr R. Wilczka obejmuje 70 oryginalnych prac badawczych. Mają one dużą wartość naukową ze względu na swą rzetelność i ścisłość badawczą, dzięki zastosowaniu oryginalnej metody taksonomicznej, oraz przydatność gospodarczą wielu wyróżnionych lub opracowanych gatunków i odmian.

W pierwszą rocznicę śmierci ukazało się w biuletynie Belgijskiego Ogródu Botanicznego wspomnienie pośmiertne o R. Wilczku. Napisał je F. Demaret, botanik wchodzący w skład zespołu badawczego flory Konga, także briolog, współpracownik zmarłego i jego serdeczny

przyjaciół. W gorących słowach przedstawił sylwetkę zmarłego jako wybitnego uczonego i człowieka, nad wyraz prawego i szlachetnego. W Polsce żyje jeszcze niewielka garstka osób, którzy znali dr R. Wilczka w początkowym okresie jego działalności naukowej. Wiadomość o jego śmierci przeżyli z głębokim żalem, jak również fakt, że działał i spoczął na obcej ziemi.

Stanisław Tolpa

IDEALNE A OSIĄGALNE: FIZYCZNE OGRANICZENIA EWOLUCJI*

W biologii ewolucyjnej ostatnich lat stosunkowo często wspomina się o tzw. ograniczeniach konstrukcyjnych, które wynikają z faktu, że w procesie ewolucji większość struktur powstaje z przekształcenia już istniejących, a tylko rzadko dochodzi do powstania zupełnie nowych. Konieczność wzajemnego dopasowania różnych struktur, tak aby organizm mógł przeżyć i rozmnożyć się powoduje, że w zasadzie oportunistyczna ewolucja następuje w ograniczonych ramach wynikających z zastanej już konstrukcji. Fizyczne ograniczenia ewolucji są jeszcze bardziej podstawowe, gdyż wiążą się z działaniem najogólniejszych praw przyrody i fizycznych właściwości materii, których przekroczyć nie można. Tak więc nie jest możliwe aby kiedykolwiek powstało idealne zwierzę, którego szkielet byłby skonstruowany z niełamiącego się materiału o nieskończonej mocy i nieskończonej małej masie, którego mięśnie byłyby w stanie kurczyć się nieskończenie szybko i z nieograniczoną siłą. To samo dotyczy idealnych właściwości zmysłów i metabolizmu. Zwierzęta mogą syntetyzować nowe materiały, ale zakres ich fizycznych właściwości jest ściśle ograniczony. Pewne struktury i procesy, które można sobie wyobrazić nie mogą wyewoluować, gdyż są po prostu niemożliwe fizycznie.

Bardzo wiele fizycznych barier stojących przed ewolucją wynika z molekularnej struktury materii. Częsteczki związków chemicznych nie mogą być dzielone bez zmiany ich fizykochemicznych właściwości. Można wykazać, że właśnie cząsteczkowa struktura materii wyznacza dolną granicę rozmiarów organizmu jednokomórkowego. Jak wiadomo, wszystkie komórki posiadają błonę cytoplazmatyczną, która z uwagi na swą strukturę i wielkość budujących ją cząsteczek nie może być cieńsza niż 8 nm. Wydaje się ponadto, że dla podtrzymania procesów życiowych komórki koniecznych jest co najmniej 45 enzymów. Jeśli przyjmie się, że każdy enzym jest reprezentowany przez jedną cząsteczkę i doda się do tego po jednym rybosomie to wypełniona przez nie objętość jest równa kuli o średnicy 60 nm. Jeśli wyobrazimy sobie kulistą komórkę o średnicy 100 nm, której błona ma grubość 8 nm i zajmuje około 40% objętości, zaś dalsze 40% zajmują enzymy i rybosomy, to tylko około 20% objętości pozostaje dla innych składników. Wydaje się mało prawdopodobne aby taka mała komórka mogła żyć, stąd należy przypuszczać, że prawdziwe minimum rozmiarów leży gdzieś między tą wartością a najmniejszą obserwowaną wielkością jaką ma *Mycoplasma* (ok. 300 nm).

Ewolucja czułości zmysłu powonienia także spotyka się z barierą fizyczną. Aby mogło dojść do pobudzenia receptora musi się z nim skontaktować co najmniej jedna cząsteczka substancji zapachowej, która jest najmniejszą wyczuwalną ilością substancji. Spośród innych zmysłów warto wspomnieć o słuchu. Doskonałość słyszenia jest ograniczana przez fakt, że bardzo słabe dźwięki byłyby maskowane przez losowe ruchy Browna cząsteczek gazów.

Falowe właściwości światła i dźwięku stanowią kolejne ograniczenia ewolucji, w stosunku do których można przeprowadzić analogiczne, jak poprzednio, rozumowanie. Inne ważne z omawianego punktu widzenia procesy fizyczne i właściwości materii to dyfuzja i wymiana ciepła, właściwości mechaniczne oraz aero- i hydrodynamika, a także elektryczność. Wszystkie one zostały przedyskutowane przez Alexandra. Autor przyznaje skromnie, że zakres omawianych w pracy zagadnień jest limitowany przez niewiedzę zarówno w zakresie biologii, jak i fizyki.

* R. McN. Alexander. 1985. The ideal and the feasible: physical constraints on evolution. Biol. Journal of the Linnean Society 6: 345-358.

Otóż istnieje wiele wyraźnych ograniczeń, których nie potrafimy wyjaśnić oraz wiele takich, których w ogóle nie dostrzegamy. Wydaje się, że opisany tu sposób myślenia o organizmach jest obiecujący, gdyż opiera się na najogólniejszych prawach znanych współczesnej nauce.

Jerzy Bańbura

EWOLUCJA W ODWROCIE: CZYSTE POWIETRZE I WŁOCHACZ NABRZOZEK *

Niemal każdy podręcznik biologii ogólnej, nie wspominając już o podręcznikach biologii ewolucyjnej, zawiera opis procesu mikroewolucyjnego zachodzącego w angielskich populacjach włochacza nabrzozka (*Biston betularia*) w dobie gwałtownego rozwoju przemysłu pod koniec XIX wieku. W latach 1848-1895 melaniczna forma tego motyla *Biston betularia* f. *carbonaria* zwiększyła swą częstość z bliskiej zera do 98%. Bardzo częsta pierwotnie forma jasna *Biston betularia* f. *typica* niemal zupełnie zanikła. Ten frapujący przypadek ewolucji uchwyconej w trakcie działania przyciągnął uwagę wielu badaczy. Nieco upraszczając, stwierdzili oni, że w związku ze znacznym zwiększeniem zanieczyszczenia powietrza na terenach uprzemysłowionych nastąpiło zanikanie porostów pokrywających korę drzew z jednej strony, a z drugiej — pokrywanie powierzchni drzew sadzą i pyłami, co diametralnie zmieniło barwę tła, na którym przebywały interesujące nas motyle. Jasne owady niemal niewidoczne na równie jasnym tle stały się w zmienionych warunkach widoczne bardzo wyraźnie. W takich warunkach dobór naturalny, poprzez selektywne drapieżnictwo, preferował osobniki ciemne. Wytworzony w ten sposób silny nacisk selekcyjny doprowadził do opisanej zmiany częstości obu form.

Konsekwentne myślenie w kategoriach doboru naturalnego pozwala wysunąć przypuszczenie, że jeśli na skutek oczyszczenia powietrza kora drzew stanie się znowu jasna to selekcja będzie działać w przeciwnym kierunku. Taki właśnie naturalny (może niezupełnie) eksperyment nastąpił w Angli, w której szybko ochrona przyrody, w tym czystości powietrza, stała się działalnością traktowaną serio. Od 1960 roku, kiedy stężenie SO_2 w powietrzu wynosiło na terenie badań autorów około 300 g/m^3 , do roku 1975 nastąpiła bardzo wyraźna poprawa czystości powietrza, stężenie SO_2 spadło do około 50 g/m^3 . Ten poziom zanieczyszczenia utrzymywał się bez większych wahań do 1983 roku, który stanowi koniec opisywanej części badań. Choć osiągnięcie poziomu zanieczyszczeń sprzed okresu szybkiego rozwoju przemysłu jest dotąd niemożliwe, to jednak poprawa okazała się wystarczająco znaczna aby częstość formy *carbonaria* spadła do 60%.

Poza zasugerowaną wcześniej hipotezą selekcyjną, autorzy rozważają drugą możliwość wyjaśnienia opisanego procesu, nie wykluczającą pierwszej. Ta druga hipoteza przyjmuje jako odpowiedni mechanizm przepływ genów (poprzez migracje). Wyniki wcześniejszych badań autorów, jak i innych badaczy (J. A. Endler), pozwalają hipotezę migracyjną odrzucić, a przynajmniej ograniczyć jej znaczenie na korzyść hipotezy selekcyjnej. Te niezwykle spektakularne wyniki można zadedykować tym wszystkim, którzy twierdzą, że teoria doboru naturalnego jest niefałszyfikowalna, tzn. nie może jakoby formułować przewidywań testowalnych empirycznie.

Jerzy Bańbura

* C. A. Clarke, G. S. Mani, G. Wynne. 1985 — Evolution in reverse: clean air and the peppered moth. Biol. Journal of the Linnean Society 26: 189-199.

NAJWAŻNIEJSZE IDEE EKOLOGII*

Termin ekologia stał się obecnie czymś co M. Wańkowicz nazwał „słowem-wytrychem”. Jest on nadzwyczaj często używany dla określenia ruchów politycznych, stylu życia, ochrony środowiska itp. Podobno w latach sześćdziesiątych kurs „Ekonomiki domowej” na pewnym uniwersytecie amerykańskim został przemianowany na „Ekologię domową”. Reagując na to biolodzy z Uniwersytetu w Princeton zrezygnowali z nazwy „Ekologia”, stosowanej dla swojego kursu, zastępując ją nazwą „Biologia populacyjna”. Ekologia jako dziedzina nauki obejmuje oczywiście znacznie mniejszy zakres zjawisk niż ruchy społeczne, które posługują się jej sylldem.

May i Seger pokazują ekologię poprzez analizę trzech podejść badawczych spotykanych w tej dziedzinie nauki. Pierwsze z nich nawiązuje bezpośrednio do historii naturalnej opisującej biologię różnych gatunków zwierząt i roślin, badającej ich rolę i wzajemne zależności. Historia tego kierunku sięga korzeniami do „Natural history of Selborne” Gilberta White’a (1789) i prac Ch. Darwina. Do rozkwitu doszło tu w związku z pracami Eltona i Hutchinsona o niszy ekologicznej. Hutchinson twierdził, że ogromną różnorodność gatunkową biosfery można wyjaśnić w oparciu o koncepcję niszy. Sugerował, że istnieje pewien próg podobieństwa nisz pokrewnych gatunków i co się z tym wiąże, próg podobieństwa morfologicznego. Dowodził w związku z tym, że konieczność różnicowania nisz ekologicznych jest powodem różnorodności gatunkowej, a konkurencja międzygatunkowa głównym czynnikiem nadającym strukturę biocenozom. Rozważania Hutchinsona są obecnie poddawane ponownej analizie, z której zdaje się wynikać, że jego wyniki ilościowe, na przykład międzygatunkowe proporcje rozmiarów, są prawdopodobnie artefaktem statystycznym. Badacze najaktywniej pracujący w ramach omawianego kierunku podkreślają obecnie konieczność testowania hipotez mówiących o procesach ekologicznych wobec hipotez zerowych. Zachwianiu uległa także koncepcja prymatu konkurencji międzygatunkowej w kształtowaniu struktury biocenozy.

Drugie z kolei podejście badawcze ekologii opiera się na analizie populacji jako systemów dynamicznych reagujących na heterogeniczność środowisk i zaburzenia. Głównym zadaniem jakie sobie stawia ten kierunek jest wyjaśnienie mechanizmów regulacji liczebności populacji. Zaangażowany tu aparat formalny sięga wyżyn abstrakcji matematycznej i można odnotować znaczny postęp teoretyczny związany z konstruowaniem modeli dynamicznych. System dynamiczny, jako model, służy także ekologii układów nadpopulacyjnych.

Trzecie spośród podejść badawczych współczesnej ekologii jest najwyraźniej ucieleśnione w programie ekologii behawioralnej. Zasadniczą cechą tego podejścia jest dostrzeżenie różnorodności osobników i ich strategii życiowych. Przełomowa dla tego kierunku była teoria doboru krewniaczego W. D. Hamiltona. Do bardzo ważnych problemów należy tu ponadto kształtowanie się proporcji płci i ewolucja cykli życiowych, zaś rewelacją teoretyczną ostatnich lat jest, wywodzące się z teorii gier, pojęcie Strategii Ewolucyjnie Stabilnej (ESS) wprowadzone przez Price’a i Maynarda Smitha.

Oczywiście nie było zamiarem autorów choćby pobieżne dotknięcie wszystkich ważnych kierunków współczesnej ekologii, stąd skupili się na trzech wybranych, których pominąć nie można. W sferze najogólniejszych koncepcji mechanizmów procesów ekologicznych autorzy przewidują połączenie wysiłków podejścia dynamiczno-populacyjnego i ekologiczno-behawioralnego, ku czemu uczyniono już pewne kroki. Jako najbardziej niedoinwestowaną, ale bardzo obiecującą dziedzinę ekologii May i Seger uznali ekologię tropików. Tropiki są zarazem najsłabiej poznane i najbardziej zagrożone.

Jerzy Bańbura

* R. M. May, J. Seger. 1986. Ideas in ecology. *Am. Scientist* 74: 256-267.

EWOLUCJA EKOLOGII*

Tytuł powyższy ma jakby podwójne znaczenie. Z jednej strony służy podkreśleniu przemian historycznych, jakie dokonały się w ekologii, a z drugiej podkreśla rozszerzającą się integrację biologii ewolucyjnej i ekologii. Pierwsi ekologowie wyraźnie umieszczali swoją dziedzinę na tle darwinowskiej teorii doboru naturalnego. Sam Darwin został nazwany przez współczesnego badacza populacji roślinnych Harpera największym spośród ekologów. Tradycja interpretacji ewolucyjnej jest stale obecna w ekologii poziomu osobniczego. Inaczej sprawa ta przedstawia się w części dziedzin zajmujących się poziomami populacji, biocenoz i ekosystemów. Tu zadziwiająco rozprzestrzeniło się myślenie w kategoriach przeddarwinowskich idei o „harmonii przyrody” oraz o właściwościach zbiorczych ponadosobniczych układów ekologicznych, które miałyby ewoluować dla dobra tychże układów. Takie myślenie prowadzi bezpośrednio do uznania biocenozy (czy populacji) za rodzaj superorganizmu, dla którego sukcesja jest odpowiednikiem ontogenezy, zaś klimaks jest stadium dorosłym. Tak właśnie traktował zespoły roślinne Clements na początku tego stulecia, a jego idee przejęli spośród najbardziej wpływowych Allee i bracia Odumowie. Ten kierunek nie może być uznany za ewolucyjny, chociaż niekiedy posługuje się argumentami brzmiącymi jak ewolucyjne. W ekologii populacyjnej na tej bazie powstała koncepcja samoregulacji liczebności jako cechy powstałej dla „dobra gatunku”.

W latach trzydziestych rozwinęła się genetyka populacyjna stanowiąca ściśle, matematyczne podejście do zagadnienia mechanizmu ewolucji. Do fuzji indywidualistycznego kierunku ekologii, wywodzącego się od Gleasona, ze ścisłą biologią ewolucyjną doszło dopiero w latach sześćdziesiątych. Kamieniem milowym była tu książka G. C. Williamsa „Adaptation and natural selection” (1966). Zarysował się zatem podział ekologii na kierunek systemowy i ewolucyjny.

Historia najnowsza ekologii i biologii ewolucyjnej wskazuje na wiele punktów łączących te dwie dziedziny. W obu przestaje się traktować osobniki jak identyczne molekuly, a ich środowiska jako homogeniczne w czasie i przestrzeni jednostki. Obie dziedziny biorą w swoich wyjaśnieniach pod uwagę interakcje historii i obecnie działających mechanizmów. Bardzo ważne okazało się uwzględnienie w modelach ekologicznych i ewolucyjnych ograniczeń konstrukcyjnych, które limitują zakres osiąganých przez organizmy zmian ewolucyjnych i reakcji na otoczenie. Zdaniem Colwella najjaśniejsze punkty przyszłego rozwoju ekologii wydają się leżeć na styku z biologią ewolucyjną.

Jerzy Bańbura

* R. K. Colwell. 1985. The evolution of ecology. *Am. Zoologist* 25: 771-777.

PIĄTE SYMPOZJUM POŚWIĘCONE TAKSONOMII I EKOLOGII DROBNYCH SSAKÓW AFRYKI

W miarę przybywania badaczy, a zarazem specjalizacji badań, coraz mniejszą rolę w rozwoju nauki wydają się spełniać wielkie kongresy, skupiające setki, czy nawet tysiące uczonych z rozległych dziedzin wiedzy. Równocześnie coraz bardziej mnożą się bardziej liczbowo ograniczone spotkania, będące najsukuteczniejszą formą kontaktów osobistych, uzgodnienia metodyki i przeglądu problematyki badań w określonej, niewielkiej specjalności.

Taką wąską, choć interesującą dziedziną badań w zakresie nauki o ssakach jest poznanie drobnych ssaków Afryki. Znajomość ich pozostaje bardzo w tyle za znajomością ssaków Eurazji czy Ameryki Północnej, a ich zróżnicowanie jest daleko większe.

Sympozja dotyczące drobnych ssaków Afryki organizowane są co parę lat, choć nie ma żadnej stale działającej instytucji zajmującej się nimi. Wydawany jest tylko — początkowo w Belgii, a obecnie w Republice Południowej Afryki — powielany biuletyn „African Small Mammal Newsletter”, zawierający adresy badaczy, wiadomości o pracach w toku i anonsujący terminy kolejnych sympozjów. Obecne spotkanie zorganizowało Brytyjskie Muzeum Historii Naturalnej, a odbyło się ono w Rogate, podlondyńskiej stacji terenowej należącej do Kings College.

W spotkaniu uczestniczyło 46 osób z 18 krajów. Najmniej było — niestety — czarnych Afrykanów, bo zaledwie dwu, poza nimi jeden Arab z Bahreju. Dominowali zoologowie z Republiki Południowej Afryki i z krajów europejskich posiadających niegdyś kolonie w Afryce: Wielkiej Brytanii, Belgii, Francji. Odpowiada to zresztą obrazowi potencjału zaangażowanego w badania, w krajach tych istnieje dawna tradycja badań i bogate zbiory muzealne. Prócz nich było wielu przedstawicieli krajów europejskich, Kanady, Stanów Zjednoczonych i Australii, którzy przez dłuższe okresy pracowali w Afryce.

Wygłoszono ponad 40 referatów odnoszących się do owadożernych, nietoperzy, zajęczaków i drobnych drapieżnych, a przede wszystkim gryzoni Afryki. Oddzielanie drobnych ssaków od dużych wydawać się może sztuczne, jednakże metody odnoszące się do dużych ssaków, kopytnych i wielkich drapieżników, a także związana z nimi problematyka, są bardzo odmienne. Obszarem objętym zainteresowaniem uczestników Sympozjum była cała Afryka wraz z należącymi do niej wyspami (np. Wyspy Kanaryjskie), a także południowa część Półwyspu Arabskiego zaliczana pod względem zoogeograficznym do Krainy Etiopskiej.

Tematyka referatów obejmowała w pierwszym rzędzie taksonomię i systematykę jako niezbędną podstawę wszelkich innych badań. Gatunki drobnych ssaków afrykańskich opisywano najczęściej na podstawie pojedynczych okazów lub niewielkich serii przywożonych przez podróżników z krajów kolonialnych do odpowiednich stolic europejskich. Wskutek tego bardzo często opisywano pod różnymi nazwami gatunkowymi przedstawicieli populacji tego samego gatunku, czasem wykazujących tylko zmienność indywidualną lub geograficzną. Wielka praca zmierzająca do uporządkowania taksonomii i systematyki drobnych ssaków Afryki zrobiła ogromne postępy w ostatnich latach, ale wciąż daleka jest od ukończenia. Równocześnie zdarza się często, że badania kariologiczne, biochemiczne lub wnikliwe analizy morfologiczne wykrywają istnienie dwu gatunków biologicznych, nie wyróżnionych dotąd przy bardziej powierzchownych badaniach.

Nieliczne referaty dotyczyły paleontologii i ewolucji. M.in. można się było dowiedzieć o odkryciach nowych, kopalnych gatunków gryzoni na Wyspach Kanaryjskich.

Druga grupa referatów odnosiła się do ekologii, często w Afryce zajmującej się jeszcze sprawami bardzo elementarnymi. Omawiano zróżnicowanie zespołów w poszczególnych środo-

wiskach, rozmieszczenie wysokościowe w górach, niektóre problemy ekofizjologiczne i dane autekologiczne dotyczące poszczególnych gatunków.

Jeden tylko referat dotyczył zagadnień czysto praktycznych, a mianowicie roli szkodliwych gryzoni w gospodarce państw afrykańskich. Przed kilku laty np. masowy pojaw gryzoni spowodował wielkie szkody w uprawach rolnych Somalii. Na apel tego kraju pospieszyły z pomocą organizacje międzynarodowe i następnego roku autor referatu, W. R. Smythe ze Stanów Zjednoczonych, specjalista w zakresie zwalczania gryzoni, znalazł się w Somalii. Został tam magazynowy wypełniony środkami chemicznymi do tępienia gryzoni, ale przez pół roku nie znalazł na polach ani jednego gryzonia. Oczywiście okres gradacji zakończył się i wszelkie zwalczanie nie miało żadnego sensu. Jest to jeden z wielu niestety przykładów tego, jak wciąż jeszcze mało skuteczna bywa pomoc dla krajów tzw. Trzeciego Świata.

Udział wschodniej części Europy w sympozjum w Rogate był niewielki, bo i nie ma tu większej tradycji badań zoologicznych w Afryce. Jedyne A. Demeter z Węgier mówił o zmienności gryzoni na podstawie dość licznych zbiorów w Narodowym Muzeum Historii Naturalnej w Budapeszcie, autor niniejszego sprawozdania i B. Rzebiak-Kowalska z Krakowa przedstawili referaty o ewolucji różnych grup drobnych ssaków (owadożernych i gryzoni) w Afryce Północnej.

Kazimierz Kowalski

VI EUROPEJSKA KONFERENCJA BIOLOGII ORZĘSKÓW, HØJBJERG pod AARHUS (10-14 SIERPNIA 1987)

Europejskie konferencje poświęcone biologii orzęsków odbywają się co cztery lata, przemienne z kongresami protozoologicznymi*. 6th European Conference on Ciliate Biology zorganizowali w Højbjerg pod Aarhus w budynku szkolnym z internatem (Unge Hjem Højskole), działając w imieniu Sekcji Skandynawskiej Towarzystwa Protozoologów — prof. Jytte R. Nilsson i prof. Tom Fenchel.

Konferencję otworzyła w niedzielę (9 VIII) wieczorem, a więc w wigilię jej oficjalnego rozpoczęcia, prof. Cicily Chapman-Andresen wykładem pt. „On Otto Friderich Müller”. Ten wybitny duński badacz, który żył w latach 1730-1784 jest słusznie uważany za ojca systematyki organizmów mikroskopowych (trzy traktaty: 1773, 1774, 1786). Müller szczególnie interesował się orzęskami. Jest on autorem pierwszej diagnozy *Paramecium aurelia* (1786) oraz opisu koniugacji u *Blepharisma* i *Paramecium*.

Pięć dni konferencji (10-14 VIII) zostało podzielone na 9 sesji. Podaję ich tytuły w oryginalnym języku obrad: 1) Ciliates and sex, 2) Morphology, 3) Natural habitats, 4) Molecular biology, 5) Endosymbiosis, 6) Morphogenesis, 7) Growth control, 8) Toxicology, 9) Motility and behaviour. Każdą sesję rozpoczynał 40-minutowy wykład, który przedstawiał zaproszony przez organizatorów prelegent. Po nim następowało od kilku do kilkunastu 20-minutowych wystąpień. W okresie lunchu (12.00-14.30) odbywał się przegląd plakatów związanych z tematyką sesji. Plakaty były rozwieszone przez cały okres trwania konferencji i wzbudzały stałe zainteresowanie.

Podczas trzech wieczorów odbyły się ponadto otwarte dyskusje (workshops) na tematy: 1) Strategies in nutrient uptake, 2) Structure of specific genes, 3) Chemosensory responses in ciliates.

Według moich obliczeń w konferencji uczestniczyły 93 osoby z 14 krajów. Najliczniej byli reprezentowani protozoolodzy włoscy — 14 uczestników. Mimo nazwy „europejska”,

* V Europejska Konferencja Biologii Orzęsków miała miejsce w Genewie w dniach 5-9 września 1983 r. VII Kongres Protozoologiczny odbył się w Nairobi, 22-29 czerwca 1985 r.

zgodnie z dotychczasową tradycją do Aarhus przybyli zamorscy badacze, Amerykanie — J. O. Corliss E. Orlas, R. Quackenbush, B. Satir, P. Satir i S. Ng Hongkongu.

Odzwierciedleniem silnej pozycji nauki polskiej w zakresie ciliatologii był udział w konferencji siedmiu uczestników z naszego kraju — S. Dryl, K. Golińska, M. Greczek, M. Jerka-Dziasosz, J. Kaczanowska, A. Kaczanowski i L. Kuźnicki. Wymowny był fakt zaproszenia aż dwóch osób z Polski do wygłoszenia wykładów plenarnych na ogólną liczbę dziewięciu. Maria Jerka-Dziasosz otworzyła sesję „Morphogenesis” wykładem pt. „Positional information mutants in *Paraurostyla weisseri*” a Leszek Kuźnicki sesję „Motility and behaviour” wykładem o tym samym tytule.

Zgodnie z tradycją skandynawską, organizacja konferencji była wzorowa, miła atmosfera obrad oraz znakomita kuchnia nadały całej imprezie walor doskonałości — co wszyscy podkreślali w kuluarach i czemu dałem wyraz w krótkim wystąpieniu podczas „Farewell dinner and closing session”.

Szczegółowe referowanie treści wystąpień i plakatów wydaje się niecelowe w czasopiśmie o ogólnobiologicznym charakterze jakim jest Kosmos. Na VI Europejskiej Konferencji Biologii Orzęsków pojawiły się jednak pewne ciekawe i nowe tendencje badawcze, które swym charakterem wykraczają poza problematykę ściśle protozoologiczną. Zjawiska rozrodu poprzędzone mejozą i związane z zapłodnieniem krzyżowym (konjugacją) zostały ściśle zespolone z badaniami biochemicznymi i immunologicznymi nad zróżnicowaniem typów kojarzeniowych (mating types). Szczególnie wiele uwagi obecnie poświęcają protozoologdy poznaniu gamonów oraz genów odpowiedzialnych za ich produkcję. Gamony to wydzielane do środowiska związki sygnalizacyjne, wywołujące przekształcenia w komórkach partnerów płciowych, umożliwiające im tworzenie par koniugujących. Przekształcenia te wywołują zmiany przewodnictwa plazmalemy dla jonów K^{1+} i Ca^{2+} oraz zwiększają adezję wyłącznie między właściwymi mating types.

Na niewątpliwie nowy etap wkroczyły również badania z zakresu morfologii i morfogenezy orzęsków. Przede wszystkim zatarła się całkowicie granica między badaniami ultrastruktury a badaniami biochemicznymi, dotyczącymi lokalizacji określonych białek. W korteksie, który jest wyjątkowo rozbudowany u orzęsków, a który składa się z błon, mikrotubuli, mikrofilamentów i epiplazmy, szczególne zainteresowanie wzbudza ta ostatnia. Nowe techniki przygotowywania preparatów do mikroskopii elektronowej ujawniły istnienie sieci systemów mikrofibrylarnych, które przechodzą od epiplazmy do cytoplazmy i do wnętrza makronukleusa. Cytoskielet orzęsków wydaje się więc być jedną ciągłą strukturą obejmującą całą komórkę od błony powierzchniowej po jądra.

Badania nad przebiegiem morfogenezy splatają się coraz mocniej z jednej strony z genetyką z uwagi na rolę jaką odgrywają mutanty o nienormalnych wzorcach rzęskowych, z drugiej z badaniami nad filogenezą i poszukiwaniem pokrewieństw w obrębie typu *Ciliophora*, jak i między orzęskami i innymi typami. Orzęski należą do tych protista, których filogenezę musimy odtworzyć przy prawie całkowitym braku danych z mikropaleontologii. Na podstawie pośrednich dowodów z morfologii i morfogenezy większość badaczy przychyliła się obecnie do poglądu, że bruzdnice (*Dinoflogellata*) są wiciowcami, od których wywodzą się pierwotne *Ciliophra*.

Sądząc na podstawie konferencji w Aarhus, jak również bieżącego piśmiennictwa w protozoologii nadal dominuje moda na badania endosymbiozy oraz behawioru. Pierwotniaki, a szczególnie orzęski, są znakomitymi obiektami do analizy w warunkach laboratoryjnych przebiegu procesów integracji między gospodarzem a zielonymi glonami (*Chlorella* sp.). Porównanie wyników uzyskanych w następstwie sztucznie wywołanych asocjacji z zjawiskami zachodzącymi w środowiskach naturalnych pozwala wnioskować, że procesy endosymbiozy zachodzą obecnie w przyrodzie na dużą skalę. Endosymbiontami orzęsków są zarówno eukariota, np. chlorelle, jak również liczne prokariota. Prowadzone od 1983 roku badania wykazały, że wszystkie pierwotniaki zamieszkujące pozbawione tlenu osady w morzach i zbiornikach słodkowodnych zawierają metanogeniczne endosymbionty (archaebakterie) i mikrociała (hydrogenosomy), są natomiast całkowicie pozbawione mitochondriów.

Zwrot ku behawiorowi orzęsków wynika z dwóch powodów. W minionym dziesięcioleciu dokonano zaskakującego postępu w poznaniu molekularnych i jonowych mechanizmów kontrolujących ruch undulipodiów. Ostatnio udało się stwierdzić, które z mikrotubuli w obrębie rzęski wykonują aktywny poślizg w zależności od kierunku jej ruchu. Z drugiej strony analiza wzorców ruchowych całych komórek okazała się wyjątkowo przydatna do badań toksykologicznych, ekologicznych i genetycznych.

Moda na badania behawioru i transdukcji sensorycznej pierwotniaków pociągnęła za sobą zamęt i ujemne następstwa pojęciowe i terminologiczne w zakresie problematyki behawioralnej. W referacie „Motility and behaviour” starałem się wykazać konieczność wypracowania nowej metodologii, która zastąpi dwie dominujące od początków bieżącego wieku strategie badawcze, z których jedna wywodzi się od J. Loeba a druga od H. Jenningsa. Behawior pierwotniaków nie jest sumą niezmiennych i wrodzonych tropizmów (taksji), jak postulował to J. Loeb, nie ma też uzasadnionych podstaw do interpretacji zachowania się pierwotniaków w kategoriach habituacji, reakcji uwarunkowanych i uczenia się. Postęp w zakresie zachowania się jednokomórkowych, aneuralnych eukariota nie będzie jednak możliwy bez dalszego poznania systemów ruchowych. Jedynie układ tubulinowo-dyneinowy warunkujący pracę i kierunek bicia wici i rzęsek został stosunkowo dobrze opisany. Podłoże większości zjawisk ruchowych orzęsków pozostaje nieznane, co więcej istnieją przesłanki do przypuszczeń o istnieniu u pierwotniaków unikalnych systemów ruchowych nieobecnych wśród zwierząt (*Animalia*) i innych eukariota.

Leszek Kuźnicki

KONFERENCJA NT.: „STAN BADAŃ NAD NIETOPERZAMI W POLSCE I PROBLEMY ICH OCHRONY” (WARSZAWA, 9-10 MAJA 1987)

Drugim — po gryzoniach — pod względem liczby gatunków rzędem ssaków są nietoperze. Znanych jest około 1000 gatunków żyjących współcześnie, z czego w Europie występuje 30, a w Polsce 21. Badania nad nimi prowadzone są w naszym kraju przez kilka ośrodków naukowych, między którymi przepływ informacji był dotąd niewielki. Powodowało to np. kontrolowanie przez różne osoby tych samych obiektów zasiedlanych przez nietoperze, co mogło niekorzystnie wpływać na uzyskiwane wyniki. Ponadto od wielu lat obserwowano spadek liczebności tych zwierząt w ich zimowych kryjówkach. W badanych od wielu lat jaskiniach Jury Krakowsko-Częstochowskiej liczba osobników zimujących tam nietoperzy zmniejszyła się w ciągu ostatnich 40 lat kilkadziesiąt razy!

Oba te niekorzystne zjawiska spowodowały, że postanowiono zorganizować spotkanie polskich badaczy tych zwierząt. Konferencja odbyła się w Warszawie w dniach 9-10 maja 1987 roku, a zorganizowało ją Koło Naukowe Biologów Uniwersytetu Warszawskiego. Celem jej było podsumowanie osiągnięć niektórych dziedzin badań nad nietoperzami oraz omówienie spraw związanych z ich ochroną, na co na konferencji położono główny nacisk. Udział wzięły 23 osoby z 11 ośrodków. Wygłoszono 12 referatów, w których przedstawiono rozmieszczenie nietoperzy w niektórych regionach kraju, wybrane zagadnienia ich ekologii oraz ochrony.

Wyniki badań nad nietoperzami zasiedlającymi budki lęgowe dla ptaków, zlokalizowane na Mierzei Wiślanej, zaprezentował A. Rachwald (Gdańsk). Stwierdził on obecność czterech gatunków. Najliczniej występowały karliki większe (*Pipistrellus nathusii*), rzadziej nocki Natterera (*Myotis nattereri*), a sporadycznie borowce wielkie (*Nyctalus noctula*) oraz gacki brunatne (*Plecotus auritus*). Dla najliczniejszego gatunku autor przedstawił dokładne dane dotyczące zmienności wymiarów ciała i ciężaru, przywiązania poszczególnych osobników do konkretnych budek oraz zmian w ich zasiedlaniu zachodzących w ciągu roku.

M. Kowalski i G. Lesiński (Warszawa) zaprezentowali wstępne wyniki badań na nietoperzami Mazowsza, prowadzonych w latach osiemdziesiątych. Omówili zasiedlanie przez te zwierzęta różnego rodzaju kryjówek (podziemia, strychy budynków, budki łęgowe, dziuple drzew), występowanie nietoperzy w pokarmie sów oraz obserwacje osobników polujących, połączone z odłowami siecią. Najpospolitszymi gatunkami Niziny Mazowieckiej są: mroczek późny (*Eptesicus serotinus*), nocek rudy (*Myotis daubentonii*), nocek Natterera i gacek brunatny. Autorzy zwrócili uwagę na słaby stopień zbadania nietoperzy leśnych. Przedstawili także sezonowe zmiany struktury gatunkowej nietoperzy zasiedlających duże podziemia (sztuczne jaskinie oraz stare, nieużytkowane forty). Latem i jesienią dominują w nich nocki rude, podczas gdy zimą i wiosną najliczniejsze są mopki (*Barbastella barbastellus*), nocki Natterera i nocki rude, występujące w podobnej proporcji.

T. Kokurewicz (Wrocław) omówił zasiedlanie przez podkowca małego (*Rhinolophus hipposideros*) jesiennych kwater przejściowych. Badania prowadzone były w dwóch sztolniach w Głuchołazach, w których podkowce występowały od września do listopada oraz w kwietniu. Autor przedstawił niektóre aspekty ekologii hibernacji tych nietoperzy.

Stan badań nad stawonogami występującymi na nietoperzach w Polsce omówił R. Haitlinger (Wrocław). Dotychczas stwierdzono w naszym kraju 61 gatunków pasożytów, lub — rzadziej — komensali. Są to pchły (*Siphonaptera* — 10 gat.) mrokawki (*Nycteribiidae* — 7 gat.) oraz roztocze (44 gat.), należące do kleszczowców (*Ixodida* — 3 gat.), *Mesostigmata*, *Prostigmata* i *Astigmata*. Wiadomo też o występowaniu pluskwiaków różnoskrzydłych (*Heteroptera*), jednakże brak jest na ten temat dokładnych danych. Autor poinformował o istnieniu różnic w zasiedlaniu przez stawonogi nietoperzy należących do różnych gatunków lub różnych płci tego samego gatunku. Zwrócił też uwagę na nierównomierny stan zbadania poszczególnych gatunków nietoperzy.

Referat dotyczący badań prowadzonych nad nietoperzami kopalnymi zaprezentował B. W. Wołoszyn (Kraków). Przedstawił w nim zmiany, jakim ulegała fauna nietoperzy od miocenu, skąd pochodzą ich najstarsze szczątki. Autor wskazał na niejednakowy stopień poznania historii różnych grup ekologicznych, np. o nietoperzach jaskiniowych wiemy stosunkowo dużo, podczas gdy brak jest zachowanych szczątków nietoperzy leśnych.

Z. Urbańczyk (Poznań) przedstawił referat dotyczący badań nietoperzy i problemów ich ochrony w rezerwacie „Nietoperek”. Ochroną objęty jest tam fragment ciągu podziemi byłego Międzyrzeckiego Rejonu Umocnionego. Jest to obiekt unikalny w skali europejskiej — corocznie zimuje w nim ok. 20 tys. nietoperzy należących do 11 gatunków. W rezerwacie prowadzone są badania nad sezonowymi zmianami zachodzącymi w bytującym tam zgrupowaniu nietoperzy oraz nad ekologią hibernacji poszczególnych gatunków (np. mopek, gacek brunatny). Autor zwrócił uwagę na niebezpieczeństwa, jakie mogłyby wynikać z umiejscowienia w „Nietoperku” centralnego składowiska odpadów radioaktywnych. Uczestnicy zapoznali się z propozycją powiększenia rezerwatu — ochroną objętoaby wtedy całość podziemi — oraz z projektem jego zabezpieczenia. Otwory wejściowe byłyby zamknięte betonową płytą o grubości ok. 30 cm. Górne niezamurowane ich części, zapewniające możliwość wlatywania nietoperzom do ich kryjówek, zabezpieczone byłyby metalowymi sztabami, uniemożliwiającymi wchodzenie ludziom na teren rezerwatu. Odpowiednią wentylację korytarza zapewniałyby dodatkowe otwory położone w dolnej części betonowej płyty. Warto zaznaczyć, że zamknięcia tego typu są od wielu lat stosowane przy zabezpieczaniu podobnych rezerwatów w Belgii. W obiektach tych liczebność nietoperzy systematycznie wzrasta.

W kolejnym wystąpieniu W. Bogdanowicz (Białowieża) przedstawił początki ochrony nietoperzy na ziemiach polskich. Po referacie wywiązała się dyskusja dotycząca najskuteczniejszych metod ochrony tych zwierząt. Zaprezentowano działania podejmowane zagranicą i zastanawiano się nad możliwością wykorzystania ich do ochrony naszych nietoperzy. M. in. proponowano objęcie ochroną kryjówek kolonii rozrodczych.

Drugi dzień obrad rozpoczął się referatem W. Harmaty (Kraków), omawiającym historię znakowania nietoperzy w Polsce, wyniki uzyskane przy jego pomocy oraz problemy związane z obrączkowaniem (najczęściej dziś stosowaną u nas metodą indywidualnego znakowania). W dyskusji zastanawiano się nad szkodliwością obrączkowania oraz nad zastępowaniem go np. tatuowaniem błon lotnych czy malowaniem futerka. Ustalono, że obrączkowanie powinno być ograniczone do minimum.

Następnie przedstawiono grupę referatów dotyczących zimowania nietoperzy na Wyżynie Krakowsko-Wieluńskiej. B. Korzeniowski (Kraków) przedstawił liczebność zgrupowań nietoperzy zasiedlających wybrane jaskinie tego terenu oraz porównał je z danymi z lat 1945-1980. We wszystkich obiektach zauważył spadek liczebności tych zwierząt. Najbardziej zagrożonymi gatunkami wydają się być: nocek orzęsiony (*Myotis emarginatus*) i podkowiec mały. Jeszcze w latach pięćdziesiątych obecnego stulecia spotykane były one dosyć licznie, np. w jaskini Racławickiej zimowało ok. 300 podkopców i ok. 20 nocków orzęsionych. Dzisiaj możemy w niej spotkać pojedyncze osobniki podkopców. Jeszcze tragiczniej przedstawia się sytuacja nocka orzęsionego. W ostatnich latach we wszystkich badanych jaskiniach Jury spotykano tylko od jednego do dwóch osobników rocznie!

Z kolei G. Lesiński i M. Kowalski omówili znaczenie jaskini Szachownica dla hibernacji nietoperzy na Wyżynie Krakowsko-Wieluńskiej. Corocznie spotyka się tam kilkadziesiąt nietoperzy należących do 9 gatunków, a wiosną 1987 roku w jaskini przebywało ponad 1400 osobników! W innych jaskiniach Wyżyny liczba zimujących nietoperzy rzadko przekracza 100.

Zmiany w faunie nietoperzy na terenie Jury oraz Gór Świętokrzyskich spowodowane antropopresją przedstawił B. W. Wołoszyn. Na badanych terenach stwierdzono obniżanie się liczebności nietoperzy zimujących w jaskiniach i sztolniach. Autor zwrócił uwagę na mopka, którego liczebność w podziemiach zlokalizowanych na terenie Gór Świętokrzyskich zmniejsza się w większym tempie niż liczebność pozostałych gatunków.

W ostatnim referacie G. Lesiński zaprezentował jesienną dynamikę liczebności nocka rudego w podziemiach. W każdym z czterech sezonów badań autor prowadził kontrole z różną częstotliwością (co dwa tygodnie lub co kilka dni) oraz z obrączkowaniem lub bez. W przypadku kontroli bez obrączkowania szczyt liczebności przypadał na przełom października i listopada, po czym następował powolny spadek aż do wiosny. Obrączkowanie przesunęło szczyt liczebności na początek października, natomiast połączone z częstymi kontrolami wyraźnie go obniżało.

Zarówno w trakcie dyskusji, jak i w rozmowach kularowych, zwracano uwagę na potrzebę koordynacji badań nad nietoperzami. Postanowiono utworzyć w Krakowie centralę, gromadzącą informacje o prowadzonych badaniach oraz inwentaryzującą letnie i zimowe kryjówki tych zwierząt. Uczestnicy konferencji opowiedzieli się za powołaniem organizacji, zrzeszającej badaczy i miłośników tych sympatycznych ssaków. Uznano za celowe wydawanie wewnętrznego biuletynu informacyjnego, którego zadaniem będzie informowanie wszystkich osób zainteresowanych tą grupą zwierząt o badaniach przeprowadzanych nad nietoperzami oraz o problemach ich ochrony. Przyjęto też propozycję prowadzenia badań monitoringowych nietoperzy zimujących w Polsce. Objęte nimi mają być głównie miejsca hibernacji, zlokalizowane w naturalnych i sztucznych podziemiach całego kraju. Terminy corocznych liczeń wstępnie ustalono na przełom listopada i grudnia oraz stycznia i lutego. Jednak za najważniejszą sprawę uznano niedopuszczenie do zlikwidowania rezerwatu „Nietoperek”. Postulowano objęcie ochroną rezerwatową także innych miejsc hibernacji, np. większych fortów czy sztolni. Rozważano też metody ochrony letnich kolonii tych zwierząt, szczególnie tych, które są zlokalizowane na strychach budynków.

Zebrani w Warszawie badacze nietoperzy uznali za celowe odbywanie podobnych spotkań także w przyszłości. W roku 1988 organizacji konferencji podjął się ośrodek krakowski.

СОДЕРЖАНИЕ

Стефан Венгжын, И. Х. Хил, П. Видал — Математические модели процессов развития	3
Ромуалд Олачек — Существуют ли биосферные заповедники в Польше?	47
Яек Дуткевич — Возможности использования хитина из крилла	55
Стефан Стравински — Проблемы Польских исследований полярных птиц . . .	65
Тадеуш Калета — Несколько замечений касающихся к вопросу общества и культуры в мире животных	71
Михаил Войцеховски — Общества перепонгаторкрыльных — Альтруистические или эгоистические особы?	81
Карол Стармах — Прогресс в исследованиях багрянных водорослей	91

CONTENTS

Stefan Węgrzyn, J. Ch. Gille, P. Vital — Mathematical models for development processes	3
Romuald Olaczek — Do exist the biosphere reserves in Poland?	47
Jacek Dutkiewicz — Possibilities of practical utilization of krill chitin	55
Stefan Strawiński — The research problems undertaken in Polish studies of polar birds	65
Tadeusz Kaleta — Some remarks concerning the problem of the society and culture in animal world	71
Michał Woyciechowski — The hymenopteran societies — altruistic or selfish individuals	81
Karol Starmach — Progress in red algae research	91

SPIS TREŚCI

<i>Stefan Węgrzyn, J. Ch. Gille, P. Vidal</i> — Matematyczne modele procesów rozwoju	3
<i>Romuald Olczak</i> — Czy są w Polsce rezerwy biosfery?	47
<i>Jacek Dutkiewicz</i> — Możliwości praktycznego wykorzystania chityny krylowej	55
<i>Stefan Strawiński</i> — Problem polskich badań ptaków polarnych	65
<i>Tadeusz Kaleta</i> — Kilka uwag dotyczących społeczeństwa i kultury w świecie zwierząt	71
<i>Michał Woyciechowski</i> — Społeczeństwo błonkówek — altruistyczne czy egoistyczne osobniki?	81
<i>Karol Starmach</i> — Nowsze dane o krasnorostach	91

RECENZJE

<i>Zbigniew Wójcik</i> — L. Fleck: Powstanie i rozwój faktu naukowego	115
<i>Zbigniew Wójcik</i> — J. Balicki: Dyskryminacja rasowa. Przeszłość i teraźniejszość	116
<i>Włodzimierz Ługowski</i> — H. Schriefers: Was ist Leben?	117
<i>Roman Karczmarchuk</i> — J. P. Parmuzin: Tajga SSSR	119
<i>Eugeniusz Kośmicki</i> — Umweltlexikon, wyd.: Katalyse Umweltgruppe e.v. Köln	121
<i>Mieczysław Wolsan</i> — An international history of mammalogy. Vol. 1 Fennoscandia. I — K	123
<i>Jadwiga Siemińska</i> — J. Komárek, B. Fott: <i>Chlorophyceae</i> (Grünalgen), Ordnung Chlorococcales. Das Phytoplankton des Süßwassers von G. Huber-Pestalozzi, Cz. 7 Z. 1	124
<i>Maria Lisiewska</i> — Pilzflora der Deutschen Demokratischen Republik, <i>Basidiomycetes</i> (Gallert-Hut-und Bauchpilze)	125
<i>Ryszard Ochrya</i> — H. Kanda: Handbook of Antarctic mosses	126
<i>Ryszard Ochrya</i> — D. M. Greene: A conspectus of the mosses of Antarctica, South Georgia, the Falkland Islands and Southern South America	127
<i>Ryszard Ochrya</i> — H. C. Gangulee: Handbook of Indian mosses	129
<i>Ryszard Ochrya</i> — A. F. Dyer, J. G. Duckett (red.): The experimental biology of bryophytes	130
<i>Ryszard Ochrya</i> — R. E. Daniels, A. Eddy: Handbook of European <i>Sphagna</i>	131
<i>Ryszard Ochrya</i> — R. Schumacker (red.): Atlas de distribution des bryophytes de Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg et des régions limitrophes. 1. <i>Anthocerotae</i> et <i>Hepaticae</i> (1830-1984)	133
<i>Władysław Wojewoda</i> — E. Kits van Waveren: The Dutch, French and British species of <i>Psathyrella</i>	134

KRONIKA NAUKOWA

<i>Stanisław Tolpa</i> — Dr Rudolf Wilczek (1903-1984)	137
--	-----

Z INNYCH CZASOPISM

<i>Jerzy Bańbura</i> — Idealne a osiągalne: fizyczne ograniczenia ewolucji (Biological Journal of the Linnean Society)	141
<i>Jerzy Bańbura</i> — Ewolucja w odwrocie: czyste powietrze i włosacz nabrzożek (Biological Journal of the Linnean Society)	142
<i>Jerzy Bańbura</i> — Najważniejsze idee ekologii (American Scientist)	143
<i>Jerzy Bańbura</i> — Ewolucja ekologii (American Zoologist)	144

ZEBRANIA, ZJAZDY I KONFERENCJE NAUKOWE

<i>Leszek Kuźnicki</i> — VI Europejska Konferencja Biologii Orzęsków, Højbjerg pod Aarhus	145
<i>Kazimierz Kowalski</i> — Piąte sympozjum poświęcone taksonomii i ekologii drobnych ssaków Afryki	146
<i>Marek Kowalski</i> — Konferencja nt. „Stan badań nad nietoperzami w Polsce i problemy ich ochrony”, Warszawa	148

**Tylko prenumerata zapewnia
regularne otrzymywanie
kwartalnika**

K O S M O S

Prenumerata krajowa

Warunki prenumeraty:

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

Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę przyjmuje RSW „Prasa-Książka-
-Ruch”, Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towarowa 28, 00-958 War-
szawa, konto PKO PB XV Oddział w Warszawie Nr 1658-201045-139-11. Wysyłka za
granicę pocztą zwykłą jest droższa od prenumeraty krajowej o 50% dla zleczenio-
dawców indywidualnych i o 100% dla zlecających instytucji i zakładów pracy.

Prenumerata zagraniczna

Terminy przyjmowania prenumerat na kraj i za granicę:

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

Bieżące i archiwalne numery można nabyć lub zamówić we Wzorcowni Ośrodka
Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN, Pałac Kultury i Nauki, 00-901
Warszawa.

Subscription orders for all the magazines published in Poland available through
the local press distributors or directly.

through the
Foreign Trade Enterprise
ARS POLONA

00-068 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 7. Poland

Our bankers:

BANK HANDLOWY WARSZAWA S.A.

Indeks 36260
