

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria A
BIOLOGIA



ROK XXX

WARSZAWA 1981

ZESZYT 1 (168)

PAŃSTWOWE

WYDAWNICTWO

NAUKOWE

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW im. KOPERNIKA

ROK XXX

Seria A BIOLOGIA

ZESZYT 1 (168)

K O S M O S

DWUMIESIĘCZNIK



WARSZAWA 1981

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

KOMITET REDAKCYJNY

prof. dr Tadeusz Gorczyński, prof. dr Kazimierz Petruszewicz,
prof. dr Aleksandra Przeglęcka, prof. dr Przemysław Trojan, prof. dr Adam Urbanek,
prof. dr Kazimierz Wierzchowski
redaktor naczelny: prof. dr Włodzimierz Michajłow
sekretarz: mgr Jadwiga Kobuszevska

Adres redakcji: 00-901 Warszawa, Pałac Kultury i Nauki
(tel. 20-02-11, wewn. 2544)

Państwowe Wydawnictwo Naukowe — Warszawa, Miodowa 10
Nakład 1442+128 egz. Ark. wyd. 9,0 ark. druk. 6,25 + wkl. kred.
Papier druk mat. III 71 g, 70×100.

Oddano do składania 29.VIII.1980 r. Podpisano do druku 14.I.1981 r.
Druk ukończono w styczniu 1981 r.

Zam. 591/80

O-51

Cena zł 15,—

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa, ul. Śniadeckich 8

USTAWA O OCHRONIE ŚWIATA ZWIERZĘCEGO WYDANA W ZSRR

Podczas trzeciej Sesji Rady Najwyższej ZSRR, jaka odbyła się w Moskwie w dniach 25—27 czerwca 1980 r. uchwalono dwie ustawy mające podstawowe znaczenie dla ochrony środowiska w Związku Radzieckim, a mianowicie ustawę „O ochronie powietrza atmosferycznego” oraz „O ochronie i wykorzystywaniu świata zwierzęcego”. Ustawa o ochronie i wykorzystywaniu świata zwierzęcego zasługuje niewątpliwie na uwagę naszych biologów i na zwięzłe omówienie w „Kosmosie”.

Jednomyślne uchwalenie obu ustaw poprzedził referat wprowadzający M. S. Umachanowa, oraz szersza dyskusja. Referent podkreślił, że troska o zachowanie i racjonalne wykorzystywanie zasobów przyrody cechowała działalność Partii i Rządu Radzieckiego od czasu, gdy W. Lenin podpisał dekrety o racjonalnym wykorzystywaniu ziemi i zasobów geologicznych, lasów i wód, a które regulowały także sprawy myślistwa i rybołówstwa, ochrony zasobów rybnych oraz innych zwierzęcych Oceanu Lodowatego i Morza Białego. Idee Lenina znalazły po latach pełny wyraz w nowej konstytucji Związku Radzieckiego kompleksowo traktującej problemy ochrony środowiska i podnoszącej znaczenie tego pierwszorzędneho dla współczesnej ludzkości zadania.

W części swego wystąpienia dotyczącej ochrony zwierząt, referent powiedział m.in.: „Nie można przecenić znaczenia świata zwierzęcego. Wpływa on na strukturę i naturalną urodzajność gleb, na kształtowanie się szaty roślinnej, na biologiczne właściwości wody. Świat zwierzęcy — to źródło uzyskiwania futer, produktów spożywczych, surowców przemysłowych, technicznych, lekarskich oraz innych wartości materialnych. Wielkie jest znaczenie świata zwierzęcego dla celów naukowych i estetycznych”.

We wstępie do Ustawy stwierdza się, że: „Świat zwierzęcy stanowi jeden z podstawowych składników środowiska przyrodniczego, ważną część składnią bogactw naturalnych naszej Ojczyzny. Stanowi on źródło otrzymywania surowców przemysłowych i medycznych, produktów żywnościowych oraz innych wartości materialnych, niezbędnych dla zaspokojenia potrzeb ludności i gospodarki narodowej. Świat zwierzęcy wykorzystywany jest także w celach naukowych, kulturalno-oświatowych i estetycznych”.

„Ustawodawstwo radzieckie powołane jest do sprzyjania skutecznej ochronie i racjonalnemu wykorzystywaniu świata zwierzęcego, wychowywaniu ludzi radzieckich w duchu gospodarskiego i humanitarnego stosunku do świata zwierzęcego”.

Pierwszy rozdział Ustawy poświęcony zasadom ogólnym zaczyna się od stwierdzenia, że: „Zadaniem prawodawstwa o ochronie i wykorzystywaniu świata zwierzęcego jest regulowanie stosunków społecznych w dziedzinie ochrony i wykorzystywania zwierząt dzikich w celu zapew-

nienia ich istnienia w stanie swobody naturalnej, całościowego zachowania zespołów naturalnych oraz racjonalnego ich wykorzystywania, jak również wzmocnienia praworządności w tej dziedzinie”.

Prawodawstwo Związku Radzieckiego i republik związkowych opierać się powinno na tej Ustawie. „Prawodawstwo dotyczące ochrony i wykorzystywania świata zwierzęcego reguluje stosunki w dziedzinie ochrony i wykorzystywania dzikich zwierząt (ssaków, ptaków, gadów, płazów, ryb, jak również mięczaków, owadów i innych), żyjących w warunkach wolności naturalnej na lądach, w wodzie, w atmosferze, stale lub przejściowo zasiedlających terytorium kraju bądź wchodzących w skład bogactw naturalnych szelfu ZSRR”.

Osobne ustawy regulują stosunki w dziedzinie zwierząt domowych i gospodarskich, a także zwierząt dzikich utrzymywanych w różnych celach w stanie na wpół wolnym.

Ustawa stanowi, że świat zwierzęcy jest własnością państwową i ogólnym dobrem całego narodu radzieckiego. Do kompetencji Związku Radzieckiego jako całości należy dysponowanie światem zwierzęcym, ustalanie ogólnych zasad jego zachowania, ustalanie planów jego ochrony i racjonalnego wykorzystywania, ustalanie jednolitego systemu rejestracji i kontroli oraz rozwiązywanie innych problemów o znaczeniu ogólnym. Kompetencją republik związkowych objęte jest stosowanie tych zasad ogólnych na własnym terytorium, a także inne problemy, mające charakter lokalny. Zarząd państwowy w dziedzinie ochrony i wykorzystywania świata zwierzęcego sprawują najwyższe organy państwowe i społeczne, a także specjaliści pełnomocnicy. Warto podkreślić, że zadania tu należące „uwzględniane są w państwowych planach rozwoju gospodarczego i społecznego”.

Podstawowe wymagania ustawy zmierzają do zachowania różnorodności gatunków zwierząt swobodnie żyjących, ochrony środowiska ich życia, rozrodu i dróg wędrówek, zachowania całościowego charakteru naturalnych zespołów zwierząt, racjonalnego wykorzystywania i odtwarzania świata zwierzęcego, a także regulowania liczebności zwierząt „w celu ochrony zdrowia ludzkości i zapobiegania stratom w gospodarce narodowej”.

Ustawa postuluje współpracę organów państwowych z organizacjami społecznymi. W rozdziale poświęconym „Wykorzystywaniu świata zwierzęcego” wyliczone są m.in. takie jego sposoby jak myślistwo, rybołówstwo, pozyskiwanie zwierząt nie będących przedmiotem myślistwa i rybołówstwa, korzystanie ze zwierząt w celach naukowych, wychowawczych i estetycznych, korzystanie z pożytecznej dla człowieka działalności zwierząt (w kształtowaniu gleby, uzdrawianiu środowiska, zapylaniu roślin i in.) i wreszcie wykorzystywaniu zwierząt dla uzyskiwania produktów ich czynności. Korzystanie ze świata zwierząt jest bezpłatne. Ustawa reguluje także ogólne zasady myślistwa, połowów ryb i pozyskiwania zwierząt w innym trybie. Korzystanie ze zwierząt w celach naukowych, kulturalno-oświatowych, wychowawczych i estetycznych określane jest także przez inne akty prawne ZSRR i republik związkowych. Wykorzystywanie pożytecznych dla człowieka właściwości zwierząt, a także uzyskiwanie ich produkcji (np. miodu dzikich pszczoł) dopuszczalne jest wyłącznie bez niszczenia tych zwierząt bądź ich wyłączania ze środowiska naturalnego.

Organy państwowe uprawnione są do regulowania liczebności zwierząt w celach ochrony zdrowia ludzkości oraz zwierząt gospodarskich.

muszą jednak stosować środki humanitarne „wykluczające wyrządzenie szkód innym gatunkom zwierząt i zapewniające zachowanie środowiska życia zwierząt”. Ograniczenie liczebności populacji zwierząt wymaga jednak zgody odpowiednich pełnomocników i uwzględnienia opinii organizacji naukowych.

Ustawa określa także prawa i obowiązki organizacji i osób wykorzystujących świat zwierzęcy, określa warunki zawieszenia tych uprawnień.

Osobny rozdział Ustawy poświęcony jest ochronie „konserwatorskiej”. W 13 punktach wymienione są podstawowe działania w tej dziedzinie, a mianowicie: „Ochrona świata zwierzęcego realizowana jest drogą:

1) ustalenia reguł i norm ochrony i racjonalnego wykorzystywania oraz reprodukcji świata zwierzęcego;

2) ustalenia zakazów i ograniczeń wykorzystywania świata zwierząt;

3) ochrony przed samowolnym wykorzystywaniem oraz innymi naruszeniami ustalonego porządku wykorzystywania świata zwierzęcego;

4) ochrony środowiska życia, warunków rozrodu, i dróg migracji zwierząt;

5) zapobiegania niszczeniu zwierząt podczas realizacji procesów produkcyjnych;

6) tworzenia rezerwatów i „zakaźników” oraz wydzielania innych szczególnie chronionych obszarów;

7) hodowli rzadkich i zagrożonych zagładą gatunków zwierząt;

8) ograniczenia zbierania zwierząt dla kolekcji zoologicznych;

9) niesienia pomocy zwierzętom w przypadku chorób, zagrożenia zagładą podczas klęsk żywiołowych oraz z innych powodów;

10) organizacji badań naukowych skierowanych na opracowanie działań w dziedzinie ochrony świata zwierzęcego;

11) wychowywania obywateli w duchu humanitarnego stosunku do świata zwierzęcego;

12) propagandy ochrony świata zwierzęcego poprzez środki prasowej informacji;

13) realizacji innych przedsięwzięć oraz ustalenia innych wymagań co do ochrony świata zwierzęcego”.

Specjalną wagę ma artykuł Ustawy zobowiązujący planistów i projektantów osiedli, nowych terenów rolniczych, szlaków turystycznych, miejsc rekreacji, szlaków komunikacyjnych, sztucznych zbiorników wodnych, do uwzględniania konieczności zachowania zwierząt, środowiska ich życia i szlaków migracji. Określone są warunki istnienia rezerwatów i parków narodowych.

Celem ratowania gatunków zagrożonych zagładą prowadzone będą specjalne ich rejestry w tzw. Czerwonych Księgach ZSRR oraz republik związkowych. W stosunku do zwierząt rzadkich i gatunków ginących mają być tworzone specjalne warunki dla ich ochrony i restytucji. Zakazane są wszelkie czynności, które mogą doprowadzić do zagłady, zmniejszenia liczebności bądź naruszeń środowiska życia rzadkich i zagrożonych zagładą gatunków zwierząt.

Tworzenie i uzupełnianie zbiorów zoologicznych dopuszczone być może za specjalnym zezwoleniem odpowiednich pełnomocników. Zbiory zoologiczne podlegają rejestracji. Zakazane jest samowolne przesiedlanie, aklimatyzacja i krzyżowanie zwierząt. Przewidziane są środki ochrony zwierząt podczas stosowania preparatów służących ochronie roślin, stymulowaniu ich wzrostu, nawozów mineralnych oraz innych prepara-

tów. Nowo tworzone preparaty powinny odpowiadać odpowiednim wymaganiom.

Ustawa powołuje państwowy kataster świata zwierzęcego i określa sposoby jego realizacji, jak również państwowy rejestr zwierząt.

Wśród ustaleń określających zakres i sposoby kontroli wykonywania ustawy zwraca uwagę powierzenie tych zadań Radom delegatów oraz ich organom wykonawczym i specjalnym pełnomocnikom. Upoważnienia oni są do pociągania osób naruszających postanowienia Ustawy do odpowiedzialności administracyjnej i karnej. Poszczególne resorty zobowiązane są także do sprawowania kontroli wykonywania Ustawy. W osobnym rozdziale Ustawy ustalony jest zakres odpowiedzialności za jej naruszanie. „Osoby urzędowe oraz inni pracownicy, za których sprawą zakłady, instytucje i organizacje poniosły koszty związane z restytucją strat, ponoszą odpowiedzialność materialną w trybie ustalonym”.

Rozdział Ustawy poświęcony umowom międzynarodowym ustala, że „Jeżeli umowy międzynarodowe ZSRR ustalają inne reguły, niż zawarte w radzieckim ustawodawstwie o ochronie i wykorzystywaniu świata zwierzęcego — stosowane są reguły umowy międzynarodowej”.

Rada Najwyższa ZSRR ustaliła, że wyżej omówiona Ustawa wejdzie w życie z dniem 1 stycznia 1981 r.

KIERUNKI BIOCHEMICZNYCH PRZYSTOSOWAŃ PASOŻYTÓW WEWNĘTRZNYCH DO ŚRODOWISKA

Zagadnienia dotyczące przystosowań środowiskowych, tj. cech strukturalnych i czynnościowych organizmów, ułatwiających przeżywanie, są od dawna bardzo pociągającym tematem dla biologów. Niezwykła rozmaitość i mnogość rozwiązań, którymi odznacza się żywa przyroda w celu zwiększenia szans przeżycia organizmów i zdobycia sukcesu w środowisku stanowi także źródło inspiracji dla bardziej utylitarnych badań i rozwoju nauki.

Mówiąc o przystosowaniach środowiskowych, ma się na myśli zjawiska, które albo dają nowe możliwości użytkowania środowiska przez organizm zwierzęcia, albo służą jako mechanizmy naprawiania szkód spowodowanych działaniem czynników środowiskowych. Obydwa te rodzaje mechanizmów przystosowawczych, które można nazwać eksploatacyjne i kompensacyjne występują na różnych poziomach biologicznej organizacji istot żywych. Każde zwierzę ma zdolność kompensowania skutków działania niekorzystnych czynników środowiska poprzez pewne zmiany korekcyjne określonych procesów, które wyrównują straty i przywracają homeostazę metaboliczną. Oczywiście zdolność ta jest ograniczona i określona granicami tolerancji, różnymi i charakterystycznymi dla gatunku. Każde zwierzę ma także zdolność wytwarzania na drodze ewolucji nowych, optymalizujących cech użytkowania środowiska. Obydwa typy reakcji przystosowawczych zwierząt są szeroko badane.

Szczególnie interesująco przedstawiają się te sprawy na biochemicznym i molekularnym poziomie organizacji. Różne zależności metaboliczne od tlenu, dwutlenku węgla, wody, ciśnienia osmotycznego, temperatury były badane w odniesieniu do licznych gatunków zwierząt kręgowych i bezkręgowców, steno- i poikilotermicznych. Także pasożyt żyjący w organizmie żywiciela jest czynnikiem zewnętrznym działającym na jego metabolizm i odwrotnie, organizm żywiciela z całą mnogością reakcji zachodzących w jego komórkach i tkankach oddziałuje na pasożyta. Układ pasożyt-żywiciel jest więc znakomitą przykładem współistnienia obu wspomnianych rodzajów przystosowań.

Zagadnienia przystosowań wzajemnych pasożyta i żywiciela na poziomie molekularnym były tematem wieloletnich badań, prowadzonych na zasadzie współpracy, w Instytucie Parazytologii PAN w Warszawie i w Instytucie Helmintologii AN ZSRR w Moskwie. Wyniki tych badań doprowadziły do interesujących konkluzji.

Pasożytnictwo, jako forma współżycia dwóch organizmów, oparte jest na daleko idącym wzajemnym przystosowaniu procesów biologicznych pasożyta do procesów biologicznych żywiciela. Zatem im większa zgodność fizjologiczna partnerów układu pasożyt-żywiciel, tym łagodniejszy obraz stosunków wzajemnych, tym doskonalsza forma związku, który w

swym szczytowym punkcie rozwoju zmierza w kierunku tzw. mimikry molekularnej czyli zjawiska naśladownictwa struktury biochemicznej żywiciela przez pasożyta.

Poznanie zjawisk zachodzących w układzie pasożyt-żywiciel na tym właśnie poziomie, jak się wydaje, najbardziej umożliwia poznanie i zrozumienie pasożytnictwa wewnętrznego, jako zjawiska biologicznego.

Dogodnym modelem w tego rodzaju badaniach są robaki wewnętrzne (helminy), jako typowe pasożyty wewnętrzne, występujące we wszystkich grupach zwierząt i mające równoległą z nimi drogę ewolucji, oraz układy helmintologiczne pasożyt-żywiciel.

Badania nad metabolizmem oddechowym i energetycznym helmintów dostarczają wielu informacji o zjawiskach, mających znaczenie adaptacyjne. Głównym czynnikiem warunkującym te przystosowania jest stężenie tlenu w środowisku oraz rola biologiczna jaką pasożyt lub jego stadium rozwojowe ma do spełnienia. Analiza charakterystycznych cech przemian metabolicznych u helmintów wskazuje na liczne przystosowania, jak odchylenia od klasycznych szlaków metabolicznych, modyfikacje procesów, powstawanie alternatywnych dróg metabolizmu [11, 14], których przyczyną są specyficzne warunki pasożytniczego życia tych organizmów w środowisku o niskim stężeniu tlenu. Istnieją zjawiska zaskakujące, jak np. beztlenowy metabolizm wolnożyjących w środowisku wodnym larw tasiemców z grupy *Pseudophyllidea* — koracidiów [9, 12] lub dorosłej postaci przywry *Schistosoma mansoni*, żyjącej w układzie krwionośnym człowieka. Ogromne bogactwo tych przystosowań skłania do dalszych badań, gdyż są to organizmy o dużej plastyczności metabolicznej i możliwościach adaptacyjnych. Ta plastyczność pozwala na szybką zmianę typu metabolizmu w zależności od warunków tlenowych, np. przy zmianie żywiciela lub sposobu życia w przebiegu cyklu rozwojowego.

Szczególnie liczne adaptacje na poziomie molekularnym występują u form inwazyjnych, jak koracidia tasiemców, miracidia przywr i larwy inwazyjne niciani.

Analiza cyklu życiowego niciania żołądkowo-jelitowego przeżuwa-czy — *Haemonchus contortus* wskazuje, że poszczególne stadia larwalne i stadium dorosłe mają do spełnienia odmienne funkcje biologiczne i żyją w odmiennych warunkach. Pociąga to za sobą, jak wykazały badania, istotne zmiany w ich metabolizmie [10]. Nicienie ten we wszystkich stadiach rozwojowych pobiera tlen ze środowiska, lecz w różnym stopniu. Stadia wolnożyjące, tzn. larwy $L_1L_2L_3$, pobierają tlen w dużej ilości. Najwyższy poziom pobierania tlenu notowany jest u larw inwazyjnych — L_3 . U larw tych najwyraźniej występują liczne adaptacje fizjologiczne i biochemiczne, których głównym celem jest przedłużenie żywotności. Larwa ta może przeżywać w środowisku zewnętrznym przez długie miesiące nie pobierając pokarmu z zewnątrz. Metabolizuje wówczas głównie endogenne lipidy — substraty energetyczne wysokowydajne. W warunkach tlenowych larwy L_3 nie wykorzystują węglowodanów. Związki te stanowią najprawdopodobniej rezerwę substratową, wykorzystywaną po przejściu pasożyta na beztlenowy typ metabolizmu w przewodzie pokarmowym owcy. Ciekawym zjawiskiem jest to, że larwy te jednocześnie mają stosunkowo niski poziom aktywności enzymów oksydacyjno-redukcyjnych. Fakt ten sugeruje zwolnienie tempa spalania endogennych substratów przez wolnożyjącą larwę. W miarę starzenia się larw inwazyjnych, proces zwalniania się tempa metabo-

lizmu jeszcze się zwiększa. Powolne spalanie lipidów przez inwazyjne larwy umożliwia im wielomiesięczne przeżywanie w warunkach zewnętrznych i stwarza większą szansę spotkania żywiciela. Podobne zjawiska zwalniania procesów metabolizmu były stwierdzane u larw inwazyjnych *Nematospiroides*, *Nippostrongylus*, *Strongyloides* i innych nicieni [1, 3, 5]. Zwalnianie tempa spalania materiałów zapasowych przez inwazyjne larwy nicieni można tłumaczyć jako przejaw adaptacji fizjologicznej o charakterze eksploatacyjnym.

Trudne do wytłumaczenia jest przystosowanie występujące u swobodnie żyjących w środowisku wodnym larw *Pseudophyllidea* — koracidiów, które nie odżywiają się i nie pobierają tlenu z otaczającego środowiska a ich procesy życiowe odbywają się kosztem rozpadu nagromadzonych w okresie embrionalnym substancji zapasowych, głównie w postaci polisacharydów. Histochemiczne badania nad układami enzymatycznymi tych larw wskazują na glikolizę jako główny tor przemian [9]. Nie stwierdzono dotychczas aktywności oksydazy cytochromowej a także cytochromów b i c oraz peroksydazy, natomiast stwierdzono aktywność dehydrogenazy mleczanowej oraz enzymów glikolitycznych. Dalszy etap rozwoju larw *Pseudophyllidea* zachodzi w jamie ciała żywiciela pośredniego — oczlika, w jego płynie celomatycznym, bogatym w tlen i wolne aminokwasy. Wykształca się tam larwa zwana procerkoidem. Stwierdzono, że z upływem czasu stopniowo wzrasta w cytoplazmie procerkoidów aktywność oksydoreduktaz, w tym także oksydazy cytochromowej w mitochondriach [13]; 16 oksydoreduktaz, w tym kilka operujących w cyklu kwasów trójkarboksylowych, stwierdzanych w komórkach procerkoidów sugeruje, że ta postać larwalna jest organizmem tlenowym.

Przytoczone wyżej fakty pozwalają wnioskować, że u larw tasiemców *Pseudophyllidea* występują na poziomie molekularnym pewne zjawiska mające charakter przystosowawczy. Polegają one na tym, że tlenowe układy enzymatyczne koracidiów są zablokowane do momentu wnikięcia larw do jamy ciała żywiciela pośredniego. Zjawisko to, z punktu widzenia fizjologii dość niezrozumiałe, może być wynikiem ścisłej izolacji prawie nieaktywnej onkosfery wewnątrz osłonek embrioforu. Prawdopodobnie metabolizm onkosfery jest obniżony, uproszczony i ograniczony do produkcji minimalnej ilości energii, potrzebnej do poruszania rzęsek embrioforu podczas swobodnego życia koracydiów w wodzie. Transformacja metabolizmu na tory tlenowe jest możliwa i w pełni zrozumiała w warunkach, gdy larwa ma zapewniony stały dopływ pokarmu i skuteczną wymianę gazową, co następuje po przejściu w drugi etap rozwoju w jamie ciała oczlika.

W odróżnieniu od pasywnej, inwazyjnej larwy *Pseudophyllidea* — koracidium, miracidium przywraca charakterystykę się aktywnym trybem życia i intensywną przemianą materii o charakterze tlenowym. Bardzo aktywna larwa potrzebuje dużych ilości energii. Zabezpiecza jej to odpowiednie przystosowanie, wyrażające się obfitym nagromadzeniem glikogenu w tkankach i intensywnymi procesami oksydacyjno-redukcyjnymi, które stopniowo nasilają się i osiągają punkt kulminacyjny w 5—6 godz. życia [2].

Formy inwazyjne helmintów, w przeważającej liczbie żyją w warunkach zewnętrznych, w otoczeniu tlenu. Z chwilą wnikięcia do żywiciela, gdzie stężenie tlenu jest przeważnie niższe, larwa musi przystosować się do nowych warunków tlenowych. Mechanizm regulacyjny, który

występuje najczęściej w tego rodzaju sytuacjach nosi nazwę efektu Pasteura i polega na aktywizowaniu się procesów glikolizy w warunkach niskiego poziomu tlenu i przyhamowywaniu tych procesów przy wzmożonym dopływie tlenu.

U postaci dorosłych helmintów, jako główna funkcja, wysuwa się funkcja reprodukcyjna, która pociąga za sobą duże zapotrzebowanie na energię ze względu na intensywne procesy anaboliczne. Helminty osiągnęły pełne wykorzystanie środowiska beztlenowego, dzięki wysoce glikolitycznemu charakterowi swych tkanek i wykształceniu specyficznych procesów energetycznych. Głównym mechanizmem beztlenowym dostarczającym energię jest glikoliza oraz metaboliczna produkcja bursztynianu. Początkowy etap degradacji cukrów, tzn. glikoliza, tylko u niewielkiej liczby helmintów przebiega w klasycznej formie, prowadzącej do powstawania kwasu mlekowego. Podstawową modyfikacją tego procesu u tasiemców, przywr i nicieni a także innych organizmów beztlenowych jest metabolizm fosfoenolopirogronianu (PEP) [14]. U robaków z tych grup stwierdzono znikomą aktywność kinazy pirogronianowej, która jest kompensowana wysoką aktywnością karboksykinazy PEP. Enzym ten katalizuje przyłączenie CO_2 do PEP i powoduje powstawanie szczawiooctanu przekształcanego dalej w jabłczan, fumaran i bursztynian. Występująca w tym szlaku redukcja fumaranu do bursztynianu stanowi energetycznie wydajny, beztlenowy mechanizm produkcji energii wykorzystywany przez wiele gatunków beztlenowców.

Pasożyty wewnętrzne, a szczególnie robaki należą do kategorii organizmów, wśród których znajduje się wiele gatunków wykazujących cechy względnych beztlenowców. Przy rozpatrywaniu mechanizmów umożliwiających im nieograniczoną anoksję trzeba podkreślić bardzo interesującą modyfikację toru transportu elektronów, która polega na rozgałęzieniu łańcucha oddechowego i obecności dwóch terminalnych oksydaz, jednej cytochromowej i drugiej innego typu [4]. Działanie tej drugiej związane jest z redukcją fumaranu. W ten sposób w zależności od poziomu zawartości tlenu w środowisku następuje przenoszenie elektronów na tlen lub na fumaran.

Przytoczone wyżej, typowe dla względnych beztlenowców reakcje energetyczne są przykładem eksploatacyjnych przystosowań, które umożliwiają im przeżywanie w środowisku niskiego stężenia tlenu i spełnienia funkcji wzrostu i reprodukcji.

Warto zwrócić uwagę na zjawiska przystosowawcze, których wyrazem są gromadzone przez organizmy substraty jako źródła energii. Węglowodany, białka i lipidy stanowią zasadnicze źródła energii dla organizmów heterotroficznych. Są one dostarczane z pokarmem i w wyniku rozpadu dostarczają związków prostszych, ulegających dalszym przemianom. Związki te jako substraty są spalane wewnątrzkomórkowo lub magazynowane w postaci rezerw. Interesujące zjawiska adaptacyjne występują w obrazie składu tych właśnie materiałów zapasowych, zgromadzonych w komórkach form rozwojowych, najczęściej inwazyjnych, które nie pobierają pokarmu a spalają związki endogenne. W przypadkach dostępu tlenu jako materiały zapasowe dominują u helmintów lipidy obojętne, często trójglicerydy i kwasy tłuszczowe. W sytuacjach, gdy pasożyt odznacza się dużą aktywnością w poszukiwaniu żywiciela, np. miracidium przywr, produkcja energii pochodzi częściej ze źródeł glikolitycznych.

Badania nad zawartością materiałów zapasowych u nicieni wskazują, że lipidy występują u nich w przewadze nad węglowodanami, zwłaszcza w warunkach tlenowych. Takie zjawiska obserwuje się powszechnie u larw inwazyjnych nicieni. Larwy wolnożyjące *H. contortus* w stadium L_1 i L_2 odżywiają się i syntetyzują znaczne ilości lipidów obojętnych, które wypełniają tkanki larwy inwazyjnej L_3 . Larwa ta nie pobiera pokarmu, żyje w środowisku zewnętrznym wiele miesięcy podtrzymywana głównie przez metabolizm wysokowydajnych energetycznie trójglicerydów i, jak było wspomniane, jednocześnie metabolizm tej larwy jest wydatnie obniżony. Zjawisko to pozwala larwom L_3 na wolniejsze wykorzystywanie materiałów zapasowych. Wyżej przytoczone zjawiska fizjologiczne mają charakter przystosowawczy i zmierzają do doskonalenia ekonomiki funkcji życiowych pasożytów.

W metabolizmie białek pasożytów wewnętrznych istnieje również wiele przykładów adaptacji na poziomie molekularnym. Skomplikowane drogi tego metabolizmu są u helmintów słabo jeszcze poznane. Istnieje przypuszczenie, że w układach właściwych, starych ewolucyjnie, gdzie nie obserwuje się ostrych reakcji między żywicielem i pasożytem, występuje daleko posunięte wzajemne przystosowanie, demonstrujące się podobieństwem dróg metabolizmu białkowego. Istnieje podobieństwo w jakościowym i ilościowym składzie aminokwasów w tkankach żywiciela i pasożyta [6, 7, 8]. Znane są i opisywane zjawiska zbieżności antygenowej pasożyta i żywiciela.

Wśród zjawisk określających podstawy przystosowań helmintów do paszytowania ważne znaczenie mają procesy odżywiania. Analizując właściwości przyswajania przez robaki białek o różnej strukturze i wartościach biologicznych oraz tempo tego procesu daje się stwierdzić, iż występuje u tych pasożytów daleko posunięta zbieżność zapotrzebowania w zakresie podstawowych elementów pokarmowych z ich żywicielami. Więc np. tasiemce z ryb źle przyjmują białka o dużej wartości biologicznej jak kazeina, która nie jest przyjmowana również przez ryby żywicielskie. Natomiast tasiemce i nicienie ptaków w odróżnieniu od tychże helmintów ryb wchłaniają równie dobrze białka o dużej wartości biologicznej, jak też o małej, jak żelatyna. Nicienie i tasiemce ptaków i ssaków absorbują białka o dużej wartości biologicznej.

Badania *in vitro* nad wchłanianiem związków białkowych o różnej strukturze wykazały, że tasiemce i nicienie przyjmują przede wszystkim białka poddane denaturacji. Lepsze przyswajanie przez te helminty jelitowe białek zdenaturowanych niż rodzimych wskazuje na biochemiczną adaptację tych pasożytów do środowiska, bowiem w jelicie nie kontaktują się one z białkami zdenaturowanymi.

Drugą cechą przyswajania związków białkowych jest tempo tego procesu. Wyniki badań wskazują na to, że szybkość wchłaniania białek przez helminty ma związek z intensywnością ogólnej przemiany materii u żywiciela, a więc stwierdzono, że helminty ptaków wchłaniają białka w najszybszym tempie, a helminty ryb najwolniej. W ścisłym związku z procesami wchłaniania białek przez helminty stoi zagadnienie aktywności ich enzymów proteolitycznych. Stwierdzone zostało, że aktywność proteolityczna homogenatów tasiemców ryb, ssaków i ptaków wykazuje różnice, przy czym jest ona wprost proporcjonalna do intensywności procesów metabolicznych żywiciela [15].

Z dotychczasowych badań wynika, że niektóre helminty dysponują endo- i egzogennymi enzymami, pomimo że liczne z nich żyjąc w środo-

wiskach stosunkowo bogatych w aminokwasy mają zdolność rozszczepiania białek przy udziale specyficznych proteinaz. U przywr i nicieni mających przewód pokarmowy, enzymy wydzielane przez jego ścianki grają znaczną rolę. I tak np. nicienie *Ancylostoma*, *Nippostrongylus*, *Necator*, odżywiające się krwią i tkankami żywiciela, dysponują bardziej aktywnymi enzymami hydrolitycznymi niż *Ascaris* czy *Ascaridia*, żywiące się przetrawionym przez żywiciela pokarmem w jego jelicie. Stwierdzone zostało, że jakościowy skład enzymów w przewodzie pokarmowym przywr i nicieni jest związany z rodzajem odżywiania. Godne uwagi jest też, że enzymy proteolityczne helmintów mają swoisty charakter, są bardziej zbliżone do katepsyn, niż typowych enzymów pepsynopodobnych [15].

Podsumowując wyżej omówione dane warto zwrócić uwagę na takie zjawiska, jak wspólne z żywicielami zapotrzebowanie w zakresie odżywiania, brak enzymów zabezpieczających wstępne etapy rozpadu białek (czynnik denaturacji, trypsyna, hymotrypsyna, enterokinaza), skorelowanie tempa wchłaniania białek z intensywnością procesów trawiennych żywiciela, są wyrazem fizjologicznego przystosowania się tych pasożytów do warunków środowiskowych, które odznaczają się obfitością łatwo wchłanialnych, nadtrawionych materiałów pokarmowych znajdujących się w przewodzie pokarmowym żywiciela.

Bardzo wyrazistym przykładem procesu przystosowawczego na poziomie molekularnym u helmintów jest współzależność między produkcją mocznika u żywiciela a aktywnością arginazy i ureazy u pasożyta. Stwierdzone zostało mianowicie, że przy znacznej aktywności arginazy i intensywnej produkcji mocznika przez żywiciela (dorsz, świnia) notuje się niską aktywność tego enzymu w tkankach pasożytujących nicieni (*Contracoecum aduncum*, *Ascaris suum*) i odwrotnie, przy niskiej aktywności arginazy w wątrobie kur notuje się wysoką aktywność tego enzymu u nicienia kur *Ascaridia galli*. To samo zjawisko występuje w przypadku aktywności ureazy, katalizującej rozpad mocznika na CO_2 i amoniak. Wysoka aktywność ureazy występuje u nicienia *C. aduncum*, pasożytującego u dorsza, u którego tego enzymu brak. Wysoka aktywność ureazy u *C. aduncum* jest wyrazem przystosowania się tego nicienia do warunków życia w środowisku ze znaczną ilością mocznika u morskich ryb.

Stwierdzone zjawiska można zatem podsumować stwierdzeniem, że aktywność enzymów syntezy i rozpadu mocznika u pasożyta jest zależna od stopnia syntezy mocznika w organizmie żywiciela w stosunku odwrotnym.

Wśród czynników fizycznych istotny wpływ na przebieg procesów metabolicznych wywiera czynnik termiczny, ponieważ, jak wiadomo, dla każdego enzymu istnieje charakterystyczne optimum temperatury powyżej i poniżej której szybkość syntezy i rozpadu związków ulega obniżeniu. Analizując optymalne warunki przebiegu procesów metabolicznych należy brać pod uwagę nie tylko temperatury maksymalnych aktywności enzymów, które można określić empirycznie, lecz przede wszystkim wskaźnik towarzyszący etapowi aktywacji reakcji chemicznych, a mianowicie tzw. wielkość energii aktywacji — E , charakterystycznej dla każdego procesu biochemicznego. Zależność aktywności enzymów helmintów od temperatury jest stosunkowo mało poznana. Były nieliczne próby badań porównawczych wpływu temperatury na aktywność enzymów ureogenezy helmintów pasożytujących u zwierząt steno-

i poikilotermicznych. Uzyskane dane wskazują na skomplikowaną zależność. Stwierdzono mianowicie, że aktywność arginazy u nicieni pochodzących z ptaków i ryb jest różna w temperaturach 17, 27, 37, 47°C. U nicienia z ryb — *C. aduncum* maksimum aktywności tego enzymu występuje w temperaturze 37°C, ale bilans energetyczny procesu rozpadu argininy u tego nicienia wykazał niską wartość energii aktywacji ($E=4.4$ kcal/mol) w przedziale temperatur 17—27°C, a więc temperatur bliższych temperaturze ciała żywicieli. U nicienia pasożytującego u kur — *A. galli*, aktywność arginazy ujawnia się dopiero w temperaturze 27°C i osiąga maksimum w 47°C. Najniższa wartość energii aktywacji procesu rozpadu argininy występuje w temperaturze 37—47°C, a zatem w temperaturze ciała żywiciela.

Tego rodzaju zależność aktywności enzymów i efektywności procesów u pasożytów wewnętrznych od reżimu termicznego żywicieli wskazuje na adaptację o charakterze biochemicznym.

Zjawiska, o których była mowa, stwierdzone w metabolizmie helminarów i ich postaci rozwojowych świadczą, że adaptacje pasożytów wewnętrznych do opanowania żywiciela, przeżycia i spełnienia swej roli biologicznej mają dość wyraźne ukierunkowania. Zmierzają one do wytworzenia cech sprzyjających wypełnieniu wspomnianych zadań. Głównymi kierunkami są: wytworzenie się zgodności potrzeb z żywicielem w zakresie odżywiania i optymalnych warunków przebiegu procesów metabolicznych oraz doskonalenie ekonomiki funkcji życiowych. Wyrazem tych kierunków przystosowań jest przyswajanie białek o tej samej wartości biologicznej, zgodnej z żywicielem, brak czynnika denaturującego i enzymów wstępnego etapu rozpadu białek, zdolność regulacji aktywności enzymów w zależności od warunków ekologicznych i odżywiania, odwrotnie proporcjonalna zależność aktywności enzymów ureogenezy u pasożyta i żywiciela. W metabolizmie energetycznym wyrazem procesów przystosowawczych są liczne modyfikacje szlaków, akumulacja wysokowydajnych energetycznie materiałów zapasowych w tkankach larw wolnożyjących i regulacja tempa ich spalania.

Wyniki dotychczasowych badań w dużej mierze wyjaśniają kształtowanie się pasożytnictwa wewnętrznego, które w swojej doskonałej postaci pozwala pasożytowi wykorzystywać procesy metaboliczne żywiciela do własnych potrzeb a plastyczność fizjologiczną własnego organizmu do ekspansji inwazji. Tendencja przystosowawcza do zmniejszania różnic w strukturze biochemicznej między pasożytem i żywicielem stwarza warunki sprzyjające pokonywaniu bariery immunologicznej. Aczkolwiek nauka jest już bliska określenia mechanizmów kształtowania się doskonałych w swej istocie układów pasożyt-żywiciel, pozostaje jednak jeszcze bardzo wiele nie wyjaśnionych problemów związanych w dużej mierze ze zjawiskami zachodzącymi na poziomie molekularnym.

LITERATURA

- [1] Barrett J. — *The effect of ageing on the metabolism of the infective larvae of Strongyloides ratti* Sandground, 1925. Parasitology, 59, 3—17, 1969.
- [2] Boniecka B., Guttowa A. — *The influence of pesticides on the oxygen uptake by miracidia of Fasciola hepatica (Trematoda)*. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol., 23, 463—467, 1975.

- [3] Bryant V. — Growth and respiration throughout the life cycle of *Nematospiroides dubius* Baylis, 1926 (Nematoda: Heligmosomidae). The free living stages. Parasitology, 67, 245—251, 1973.
- [4] Cheah K. S. — The oxidase system of *Moniezja expansa*. Comp. biochem. Physiol., 23, 277—302, 1967.
- [5] Fernando M. A. — Metabolism of Hookworms. I. Observations on the oxidative metabolism of free living third stage larvae of *Necator americanus*. Expl. Parasit., 13, 90—97, 1963.
- [6] Freze V. I., Sidorov V. C., Gurianova C. D. — Aminokislotnyj sostav plerocercoidov roda *Diphyllbothrium latum* (Cestoidea: Pseudophyllidae) i ich hozjajev. Helmintologia, 15, 487—498, 1974.
- [7] Goodchild Ch. G., Wells O. C. — Amino acids in larval and adult tapeworms (*Hymenolepis diminuta*) and in the tissues of their rat and beetle hosts. Expl. Parasit., 6, 575—585, 1957.
- [8] Guttowa A. — Amino acids in the tissues of procercoids of *Triaenophorus nodulosus* (Cestoda) and in the coelomic fluids of their hosts, *Eudiaptomus gracilis* (Copepoda) before and after infection. Acta parasit. pol., 15, 313—320, 1968.
- [9] Guttowa A., Moczoń T. — Oxidoreductase histochemistry in larval stages of pseudophyllidean cestodes. I. Coracidium. Acta parasit. pol., 17, 1—7, 1974.
- [10] Honowska M. — Poziom pobierania tlenu i aktywność enzymów oksydacyjno-redukcyjnych u nicienia *Haemonchus contortus* w różnych stadiach rozwoju. Acta parasit. pol., in litt.
- [11] Kurelec B. — Molecular biology of helminth parasites. Int. J. Biochem., 6, 375—386, 1975.
- [12] Michajłow Wł., Guttowa A., Grabiec St. — On the respiratory metabolism in embryos and coracidia of some Pseudophyllidea (Cestoda). Acta parasit. pol., 29, 275—283.
- [13] Moczoń T., Guttowa A. — Oxidoreductase histochemistry in larval stages of pseudophyllidean cestodes. II. Procercoid. Acta parasit. pol., 22, 9—14, 1974.
- [14] Saz H. J. — Comparative energy metabolism of some parasitic helminths. J. Parasit., 56, 634—642, 1970.
- [15] Šišova-Kasatočkina O. A., Leutskaja E. K. — Biokhimičeskie aspekty vzaimootnošenij gelminty i hozjajina. Izd. Nauka, Moskva 1979.

DANUTA ŻUKOWSKA-WIESZCZEK

Instytut Kształtowania Terenów Zieleni
i Ochrony Środowiska
SGGW-AR
Warszawa

BIOINDYKACJA NA USŁUGACH DIAGNOSTYKI ZABURZEŃ ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

Założeniem autorki nie jest podanie wyczerpującej informacji obejmującej dziedzinę bioindykacji. Jest to problem i zbyt obszerny i nadto złożony, aby został w sposób absolutnie wyczerpujący w ramach artykułu przedstawiony. Na problematykę tę patrzę jako biolog, lecz okazać się może, iż mój punkt widzenia jest za wąski i może być przez to kontrowersyjny. Wydaje mi się jednak, że tematyka ta jest tak aktualna i konieczna, iż każda próba choćby tylko przybliżająca zagadnienie winna być pożyteczna i być może sprowokuje do innych wypowiedzi, uzupełniających i korygujących to zagadnienie. Materiał tu przedstawiony jest częścią większej całości, którą stanowi wykład dla studentów IV roku SGGW (Wyd. Ogrodniczy i Rolny) oraz uczestników Studium Podyplomowego z zakresu ochrony środowiska *.

Na przestrzeni ostatnich dwudziestu kilku lat praktyczne stosowanie bioindykacji w diagnostyce skażenia środowiska przyrodniczego robi błyskawiczną karierę. Mimo iż, na co należy zwrócić szczególną uwagę, metodyka ta nie wykracza poza ramy badań i żmudnych eksperymentów, chwila gdy stanie się samodzielną dyscypliną wiedzy nie jest z całą pewnością zbyt odległa. Jak na razie nie jest odrębną dyscypliną wiedzy i gościnnie, nawet nie nazywając jej po imieniu, przyjęła ją ekologia, a ostatnio ekofizjologia. A bioindykacja przecież jest niejako en vogue naszych czasów i ściśle wiąże się z zagadnieniem ochrony przyrody. Co raz częściej też w różnego rodzaju publikacjach dotyczących deformacji środowiska przyrodniczego, jako skutku dynamicznego rozwoju techniki, postępu i cywilizacji, mówi się o stosowaniu określonych metod bioindykacyjnych. W żadnym jednak dostępnym podręczniku biologii, fizjologii czy ekologii, i już nawet nie chodzi o ekologię klasyczną, tzw. opisową, ale i w najnowszej ekologii dynamicznej i wspomnianej ekofizjologii nie ma podanej definicji bioindykacji. W fachowej literaturze notuje się z tego względu daleko idącą dowolność, a nawet chaos w stosowanym nazewnictwie. A oto kilka tylko przykładów takiej naukowej dowolności. Najczęściej występujące określenia:

w języku angielskim: agent, litmus, buffer, biological litmus, ecological factor, biological factor, sensor plant, sensor animal, sensibility of plant, sensibility of animal, indicator, bioindicator; niemieckim: litmus, bufor, indikator pflanzen,

* Bioindykacja jest przedmiotem badań w Zakładzie Ochrony Środowiska (SGGW-AR — Warszawa) kierowanym przez prof. dr. hab. H. Zimnego.

indikator animal, zeichen, weiser pflanzen; francuskim: bioindicateur, indicateur; rosyjskim: indikator, pokazatel, ukazatel; polskim: metody bio-wskaźnikowe, bioindykacja, rośliny bio-wskaźnikowe i zwierzęta bio-wskaźnikowe, biotesty roślinne i zwierzęce, indykatory ekologiczne, wskaźniki ekologiczne, wskaźniki biologiczne, pedobioindykacja, chemobioindykacja, litobioindykacja, fitoindykacja, indykacja chemiczna, biochemiczna czy biologiczna.

Jakże zatem nadal są aktualne sformułowania Collier, Cox, Johnson i Millera [6], charakteryzujące co prawda klasycznych ekologów, lecz również trafne i dla innych przyrodników „...ekologowie ludzie całkowicie pochłonięci kwestiami terminologii i lubujący się w wprowadzaniu nowych nazw do tego stopnia, że nawet pocziwają łopatę nazwali „geotomem””. A przecież nie w nazewnictwie, nie w filozoficznym, lecz racjonalnym podejściu tkwi sedno sprawy bioindykacji, choć uporządkowanie różnorodnych określeń jest tu bardzo istotne i bardzo pilne. I dlatego, aby łatwiej można było się poruszać w tym niejednoznacznym nazewnictwie, należy uściślić samo pojęcie bioindykacji. Górny [12] podał taką jej definicję: „bioindykacja to metoda, za pomocą której dzięki stosowanym żywym organizmom na różnych poziomach organizacji określa się kierunek i stopień nasilenia zmian w środowisku ich życia”.

Definicja ta uległa poszerzeniu na ostatnim sympozjum (Halle 1979) dotyczącym problematyki bioindykacji i zgłoszona wówczas przez Stöckera nowa wersja wydaje się być pełniejsza: „bioindykacja to metoda wskazująca na uzależnione czasem wpływy antropogeniczne lub antropogenicznie modyfikowane na organizmy żywe (na różnych poziomach ich organizacji), a dokonywana przez pomiary i obserwacje badanych organizmów przy uwzględnieniu zdefiniowanych warunków porównawczych”.

Dość też często do bioindykacji wprowadza się szereg pojęć zapożyczonych z toksykologii i niepotrzebnie, moim zdaniem, widzi się w tej dziedzinie zbyt daleko idącą paralelę: toksyczność środowiska a bioindykacja. Toksykologia od dawna już stanowi samodzielną dyscyplinę wiedzy, lecz zajmuje się może i zbliżonym, ale nie tym samym problemem. Badania nad toksycznością prowadzi się w ścisłych, reżimowych i modelowych warunkach laboratoryjnych, a sama toksykologia jest nauką o właściwościach i szkodliwym działaniu substancji toksycznych (na ogół znanych) na funkcjonowanie żywego organizmu. Nie jest też odkrywcze, że na ten sam czynnik, nazwijmy go umownie „toksyczny” żywy organizm może i najczęściej reaguje inaczej w warunkach modelowych a inaczej laboratoryjnych, zupełnie inaczej w lizymetrach i inaczej w warunkach polowych. I właśnie ta odmiennosc reakcji żywych organizmów w pozornie takich samych, a przecież odmiennych warunkach ich bytowania, oddaje nieocenione usługi w diagnostyce zaburzeń środowiska przyrodniczego.

Do celów bioindykacyjnych wykorzystywane są reakcje niektórych żywych organizmów roślinnych i zwierzęcych na określone stresy działające w środowisku ich bytowania, czyli w warunkach naturalnych. I ta niejednorodność, to zróżnicowanie stopnia wrażliwości niektórych gatunków na jeden tylko czynnik lub zespół czynników toksycznych zaburzających układ, jest wykorzystywana do celów praktycznych. Mówi się, że jedne gatunki mają szeroki zakres tolerancji (eurytypowe), inne z kolei mają wąski zakres tolerancji (stenotypowe). Organizmy o wąskim zakresie tolerancji pełnią właśnie w środowisku rolę diagnostyczną. Już

na poziomie szkoły średniej wiadomo, że liczba 1 500 000 gatunków zwierząt i 500 000 gatunków roślin to bank informacyjny dostarczany przez przyrodę. Jeśli jeszcze uwzględnimy fakt, że każdy przedstawiciel gatunku sam dla siebie jest synoptykiem, posiadaczem jedynych w swoim rodzaju ukształtowanych w ciągu setek milionów lat doskonałych biomechanizmów z niewiarygodną wprost dokładnością rejestrujących zmiany w parametrach fizycznych i chemicznych atmosfery, wody i gleby, dopiero wtedy możemy sobie uświadomić jak niedoskonała jest aparatura analityczna, którą dysponujemy. Ta zdolność do rejestracji przez żywe organizmy najsubtelniejszych nawet zmian w otaczającym je środowisku, czego nie są w stanie wychwycić najczulsze przyrządy pomiarowe, spełnia w diagnostyce zaburzeń środowiska rolę czujnika, który może i powinien wykorzystać człowiek.

Stosowanie od dawna wypracowanych przez ekologów podziałów systemów do bioindykacji skażenia środowiska nie sprawdza się jednak i tu wyłaniają się dodatkowe trudności. Rozpatrzmy to na dwóch tylko przykładach: 1 — testów enzymatycznych, tak powszechnie stosowanych w bioindykacji, mieszczących się zarówno w przedziale poziomu molekularnego (ponadosobniczego), jak i osobniczego. Jednakże w przypadku ustalania aktywności enzymatycznej w ekosystemie glebowym czy wodnym pasuje poziom molekularny (choć raczej jako „poza-” niż „ponad-” osobniczy), to już w ustalaniu aktywności enzymatycznej w żywej tkance roślin, jako jedna z reakcji całego organizmu test ten musi być zaszufładowany do innego poziomu; oraz 2 — zawartość chlorofilu *a* i *b* i tu — nasuwa się pytanie, czy to poziom molekularny czy osobniczy? Stąd słuszny wydaje się trend, aby do celów bioindykacyjnych wykorzystywać żywe organizmy na poziomie osobniczym i populacji, a poziom biocenozy i ekosystemu traktować jako biologię opisową inwentaryzującą szkody w środowisku. Poziom molekularny, który tu niejako odstaje, może być odnoszony do ekosystemu glebowego czy wodnego, dla ściśle określonych analiz, jak na przykład ww. enzymy. Są to wątpliwości, które wyłaniają się dość często w praktyce bioindykacyjnej i myślę, że stąd m.in. bierze się fakt rozproszenia tych zagadnień na łamach podręczników pokrewnych dziedzin przyrodniczych zajmujących się li tylko wycinkowo presją czynników antropogenicznych na żywe organizmy.

Wielu badaczy zajmujących się zagadnieniem bioindykacji uważa z kolei, że wszystkie problemy z nią związane winny zająć pozycję na styku nauk biologicznych i techniki, czyli że właściwości żywych organizmów, ich reakcje na stresy środowiska należałoby przetransponować na język ścisły pojęć zmatematyzowanych. Coraz częściej więc stosuje się mierzalne i określone językiem wartości liczbowych zmiany fizjologiczne, morfologiczne wprowadzając określenia: zmatematyzowanej biologii lub zbiologizowanej matematyki.

Bioindykacja byłaby jednak zawieszona niejako w próżni gdyby nie opierała się na najbliższych jej dziedzinach, tj. ekologii i fizjologii [34] i z tego względu stwierdzenie zaburzeń w równowadze biologicznej — homeostazie — określonego poziomu organizacji dokonuje się na wzór tych gałęzi wiedzy. A więc zaburzenia dotyczyć będą tak funkcji systemu, jak i (lub) jego struktury. W prawidłowo funkcjonującym układzie natychmiast włączają się urządzenia samosterowne, regulujące i porządkujące powstałe zaburzenia. W kategoriach sprzężeń zwrotnych (feedback) będzie to likwidacja dominującego sprzężenia zwrotnego dodatniego przez natychmiastowe włączenie sprzężenia zwrotnego ujem-

nego i powrót do homeostazy, a w miarę sterowania zakłócone rytmy powoli stają się spójne. Gdy jednak w środowisku, ogólnie — przyrodniczym, lub szczegółowo — fizjologicznym pod wpływem działania nadmiernej liczby parametrów toksycznych, zaburzających układ i wzmożonej ich częstotliwości działania te samosterowne urządzenia i mechanizmy przestają prawidłowo funkcjonować, tworzy się chaos, system ostrzegawczy i alarmujący przestaje działać, następuje desynchronizacja wewnętrzna, układ nie panuje nad wyrównaniem wielkości sprzężeń zwrotnych, dodatnie zaczynają dominować nad ujemnymi. Dodatnimi sprzężeniami zwrotnymi może być m.in. nadmierna stymulacja procesów metabolicznych, nadmierne i zbyt szybkie wyczerpywanie się zdolności enzymatycznych, zła gospodarka zasobami aktywacji, potocznie mówiąc zbyt szybkie „spalanie” lub może to być inaktywacja procesów transformacji, zablokowanie systemu enzymatycznego, uniemożliwienie prawidłowego cyklu przemian metabolicznych. W jednym i drugim przypadku następuje przekroczenie granic tolerancji ekologicznej.

Jeśli spojrzeć na bioindykację z punktu widzenia historycznego, to dane z tego zagadnienia sięgają ponad 100 lat. Już słynny przyrodznawca (entomolog) Jean Henri Fabre (1823—1915) na długo przed powstaniem takich dziedzin przyrodniczych, jak bionika czy omawiana bioindykacja, postulował, aby w ślad za wrażliwością żywych organizmów stworzyć naukę, której uczyć nas same zwierzęta. Pojęcie wskaźników biologicznych, zwanych często ekologicznymi wywodzi się z obserwacji roślin w środowisku ich stałego bytowania. Pierwsze liczące się w piśmiennictwie naukowym dane dotyczące stosowania roślin biowskaźnikowych zawdzięczamy Nylanderowi z Belgii i Arnoldowi z Niemiec [1]. Był to rok 1860 i ci dwaj uczeni zupełnie niezależnie od siebie prowadzili obserwacje nad wrażliwością mchów i porostów na skażenia atmosfery, roślin reagujących niesłychanie szybko zmianą barwy i degeneracją ulistnionych pędów (mchy) lub plechy (porosty). W erze atomowej, a więc od 1952 r. zainteresowanie biowskaźnikami szybko wzrosło, a podniosła je Cannon [28]. W swych interesujących obserwacjach zauważyła, że sosna i jałowiec rosnąc nad pokładami uranu lub w jego bliskim sąsiedztwie gromadzą w swych organach większe ilości tego promieniotwórczego pierwiastka. Ilości większe od 2 ppm uranu w różnych organach tych drzew (igły, kora) są oznaką występowania złóż. Podobnie za roślinę wskaźnikową uważano traganek — *Astragalus*, gromadzący duże ilości selenu lub „wybuchowy” wzrost krzyżowych i liliowatych, gromadzących siarkę (selen i siarka towarzyszą złóżom uranu). Wymienione gatunki należą także do roślin wskaźnikowych, lecz pełnią inną funkcję, tę przypominającą nieco różdżkarstwo — informują o określonych, korzystnych dla człowieka zjawiskach. Podczas gdy bioindykacja w diagnostyce określonych deformacji w środowisku przyrodniczym pełni także służebną rolę, lecz zupełnie inną w swych obecnych założeniach. Ma ona na celu określać, informować o skażeniu powietrza, wody i gleby oraz mówić o kierunku i stopniu zmian w środowisku bytowania organizmów. A jakie obecnie stosuje się organizmy biowskaźnikowe w diagnostyce środowiska przyrodniczego? Ramy artykułu nie pozwalają na przedstawienie pełnego wykazu tych organizmów ani nie pozwalają na szersze omówienie ich reakcji, ograniczę się więc jedynie do prezentacji tych najbardziej charakterystycznych i najczęściej wykorzystywanych do wspomnianych celów.

Drobnoustroje — na podstawie wieloletnich badań prowadzonych w

dwu najbardziej uciążliwych rejonach przemysłowych kraju — Zakłady Azotowe w Puławach i huta cynku Miasteczko Śląskie — okazało się, że ogólna ilość drobnoustrojów glebowych spadła tam do zera. Drobnoustrojami podlegającymi recesji były: promieniowce, azotobakter, nitryfikatory, mikroorganizmy celulolityczne i ureolityczne. W ocenie biologicznej kondycji gleb miejskich stwierdzono, że w glebach trawników przyulicznych ogólna liczebność drobnoustrojów jest od kilku do kilkunastu razy mniejsza niż w glebach parkowych [47].

Porosty — już w 1912 r. Sernander [1] ustalając stopień czystości atmosfery w Uppsali wprowadził do dziś jeszcze obiegowe pojęcia, jak: pustynia porostowa, strefa walki, strefa przejściowa i strefa normalnego wzrostu. Pierwszą „mapę stref skażenia powietrza” dla Oslo przy użyciu porostów zawdzięczamy Hångsja [1]. Tego typu mapy określające stopień skażenia atmosfery, w zależności od odległości źródła skażającego, zostały sporządzone już dla większości krajów europejskich i pozaeuropejskich, w tym i dla Polski [20, 21, 33].

De Sloover [38] zaproponował z kolei wyznaczanie tzw. „indeksu czystości atmosfery” dla określonego rejonu przemysłowego i urbanizacyjnego. Uzyskane dane liczbowe o częstotliwości występowania porostów na danym terenie przetwarzane są dalej przez komputer. Metodę programowania opracował Granger (1972) na komputerze SYMAP wyznaczając w ten sposób strefy zanieczyszczeń Montrealu [46].

Porosty są wykorzystywane do celów diagnostycznych w różnoraki sposób. Znana jest powszechnie tzw. „transplantacja porostów”. Po raz pierwszy technikę tę zastosował w Holandii Barkman [1], potem w RFN — Schönbeck [35]. Metoda ta polega na przeniesieniu zdrowej plechy z warunków naturalnych, nie skażonych żadnymi zanieczyszczeniami do badanego, a więc skażonego środowiska, głównie przez SO_2 . Jest to jednak dość kontrowersyjna metoda, choć w dość częstym zastosowaniu.

Z gatunków wskaźnikowych wykorzystywanych do celów bioindykacyjnych zalicza się m.in.: *Caloplaca cerina*, *Parmelia*, *Physcia*, *Pyrenula*, *Usnea*. Dawką letalną dla porostów jest stężenie SO_2 w atmosferze wyrażone ilością 0,0018 ppm lub inaczej mówi się, że właśnie takie jest stężenie SO_2 w atmosferze danego rejonu przemysłowego, bo całkowitej degeneracji uległa plecha porostów.

Mchy — Syratt i Wanstall [42], Rühling i Tyler [32], Briggs [3], Skaar i in. [36] wykorzystywali mchy jako rośliny wskaźnikowe reagujące zmianami w obrębie tak sporofitów jak i gametofitów na obecność metali ciężkich: Cd, Zn i Pb oraz fluoru i ozonu w powietrzu atmosferycznym (np. stężenie rzędu 5 ppm metali ciężkich uważane jest za wartość graniczną ich wzrostu i rozwoju). W Polsce badaniami nad wykorzystaniem mchów do celów diagnostycznych zajmowały się Rejment-Grochowska i Czarnowska [8] i Grodzińska [14]. Do gatunków biowskaźnikowych zalicza się m.in.: *Pottia truncata*, *Pohlia nutans*, *Politrichum ochioense*.

Głony — wykorzystuje się do wykrywania skażenia środowiska wodnego, szczególnie przydatne są one w stwierdzaniu początkowych stadiów eutrofizacji jezior. Za gatunki wskaźnikowe, informujące o tych procesach w zbiorniku wodnym uważa się m.in.: *Dictosphaerium pulchellum*, *Hormidium flaccidum*, *Oscillatoria* ssp. (skażenie wód pestycydami), *Diatomeae-Stephanodiscus hantzschii* Grun. (skażenie wód metalami ciężkimi — Ni, Cr i Pb); *Oscillatoria rubescens* (początki eutrofizacji jezior) [24].

Rośliny wyższe — do celów diagnostycznych stopnia skażenia atmosfery w rejonach silnie zurbanizowanych lub przemysłowych wykorzystuje się dużą grupę roślin ozdobnych: petunie, mieczyki, tulipany i frezje. Rośliny te są bardzo wrażliwe na fluor, ozon i PAN¹. Na przykład frezja, zaliczana do najbardziej wrażliwych wśród wymienionych roślin, reaguje już na działanie 0,0005–0,0009 ppm fluoru w atmosferze. Wrażliwość frezji odm. Golden Yellow wykorzystano w Holandii do określenia „stref skażenia powietrza” czyli do wyznaczania tzw. „indeksu czystości atmosfery”. Podobnie jak to czynił wspomniany De Sloover z porostami, tak van Raay w Holandii wykorzystał do tych samych celów frezje [46].

Diagnostykami skażenia powietrza mogą być: drzewa owocowe — morele i grusze, z uprawnych — lucerna i tytoń.

Czym objawia się ta specyficzna wrażliwość na fluor? Chlorozą i nekrozą blaszek liściowych, które najpierw pokrywa oleista substancja utworzona z konglomeratu wspomnianych związków rozmiękczając blaszkę liściową, aż do wystąpienia plam nekrotycznych. Barwa tych plam jest zróżnicowana od szklistej>białej>brązowej>szarej>czerwonobrunatnej. Zabarwienie i stopień nekrozy zależą zarówno od wrażliwości rośliny (wąski zakres tolerancji; stadium rozwojowe) jak i od wielkości stężenia związków toksycznych.

Dużą grupę roślin wskaźnikowych stanowią drzewa iglaste i liściaste i one dostarczają chyba najwięcej informacji, gdyż w przypadku jednego organizmu uzyskujemy wielorakie dane na podstawie takich parametrów, jak m.in. zmiana odczynu kory drzew, aktywność enzymatyczna w organach asymilacyjnych, zawartość chlorofilu *a* i *b*.

Testy zmian odczynu kory drzew — są prostym i dobrym wskaźnikiem ilości zrzutów SO₂ do siedliska. Na ogół odczyn kory drzew mieści się w granicach odczynu obojętnego, na terenach skażonych spada on do pH=2,5–4,5 [13]. Na przykład na terenach będących w zasięgu emisji elektrowni Kozienice odczyn kory u sosny pospolitej spadł do pH=2,9–3,5 [43].

AKTYWNOŚĆ ENZYMATYCZNA ORGANÓW ASYMLACYJNYCH

Keller [16] w Szwajcarii badając aktywność katalazy, peroksydazy, polifenylooksydazy w młodych liściach jesionu amerykańskiego stwierdził stymulację aktywności wymienionych enzymów pod wpływem fluoru, którego stężenie w powietrzu było niższe od 20 ppm. A przyjęto, że wielkość ta jest bez tzw. następstw fizjologicznych! Podobne badania prowadził w Polsce Godzik [11] w rejonie GOP-u testując liście kasztanowca. Stwierdził on dwunastokrotny wzrost aktywności polifenylooksydazy.

Oznaczanie zawartości chlorofilu *a* i *b* — stosuje się w celu określenia wpływu SO₂ na ten podstawowy składnik komórki roślinnej. Chlorofil oznacza się zwykle u wrażliwych na SO₂ gatunków roślin: jodły pospolitej, świerku pospolitego, sosny pospolitej i lipy wielkolistnej. Głównym barwnikiem czynnym w fotosyntezie jest chlorofil *a* i z tego względu oznaczanie jego zawartości u roślin przyjęto za metodę bioindyka-

¹ azotan nadtlenu acetylu.

cyjną. Po wnikięciu gazowego SO_2 lub plynnego H_2SO_3 przez aparaty szparkowe do wnętrza komórki związki te powodują spadek odczynu soku komórkowego i rozpad chlorofilu głównie a do feofityny a . Zewnętrznyimi objawami jest brunatnienie igieł lub liści i wcześniejsze ich opadanie, spowodowane przyspieszonym tempem starzenia [4, 30, 45].

W diagnostyce zaburzeń środowiska przyrodniczego materiał informacyjny uzyskany dzięki obserwacjom wybranych organizmów ze świata roślinnego jest znacznie obszerniejszy niż świata zwierzęcego. Wpływa na to m.in. fakt łatwiejszej procedury obserwacyjnej w warunkach naturalnych, niemniej jednak prowadzone są z pozytywnymi wynikami interesujące badania nad wykorzystaniem organizmów zwierzęcych do celów bioindykacyjnych.

Pierwotniaki — oddają nieocenione usługi przy wykrywaniu wszelkich niekorzystnych zmian — skażenie związkami nieorganicznymi, eutrofizacja zbiorników wodnych jezior i rzek hamuje ich wzrost i rozwój lub całkowicie eliminuje z tego środowiska. Najczęściej wymienianym pierwotniakiem wykorzystywanym do celów diagnostycznych jest *Paramoetium* spp. [17, 18, 40].

Owady — spośród ogromnej różnorodności i liczby gatunków najbardziej wrażliwe okazały się w bioindykacji na skażenia atmosfery: mszycy (*Aphididae*); pluskwiaki różnoskrzydłe (*Heteroptera*); naliściaki (*Phyllobius* spp. — *Curculionidae*); pochwiki (*Coleoptera fuscudinella* Zll. — *Microlepidoptera*) [5]; jak również *Carabidae* — biegaczowate [22, 23].

Małżoraczki (*Ostracoda*) — pełnią ważną rolę przy wykrywaniu skażenia wód we wczesnych stadiach procesów zaburzających środowisko wodne [37].

Małże (*Ostrygi*) — zwłaszcza *Planorbis* jest szczególnie wrażliwy na minimalne nawet ilości ropy naftowej lub innych paliw rozlanych na powierzchni wód [15].

Dżdżownice (*Skąposzczety*) — pełnią rolę diagnostyka nadmiernej ilości H_2S w glebie tworząc tzw. pola śmierci [9, 27].

Nicienienie glebowe — są bardzo wrażliwe na obecność arsenu w glebie i z tego względu traktowane są jako wskaźniki skażenia gleby [2].

Ryby — zwłaszcza łosoś (*Salmo salar*) i sieja (*Coregonus lavaretus*) są biowskaźnikami wstępnych stadiów eutrofizacji wód, a z kolei pstrągi (m.in. *Salmo trutta*) uważa się za diagnostyki obecności selenu w środowisku; wartością progową ich życia jest 10 ppm Se [25], zaś karp (*Cyprinus carpio*) jest dobrym wskaźnikiem skażenia wód ropą naftową [19] lub ściekami gorzelnianymi [10].

W omawianych grupach zwierząt od ślimaków przez małże, dżdżownice, nicienienie i ryby pod wpływem deformacji w środowisku ich bytowania występuje zjawisko leukocytozy.

Ptaki — spośród licznej grupy ptaków często jako wskaźnikowe wymienia się bażanty, które są bardzo wrażliwe na pestycydy, DDT i eldrin [29].

Ssaki — zajęce i króliki to grupa ssaków wrażliwych na działanie nadmiaru SO_2 oraz pyłów z cementowni [26]. U wymienionych zwierząt traktowanych jako organizmy wskaźnikowe obserwuje się zmiany w erytrogramach — leukocytozę i fagocytozę (spadek czerwonych ciałek krwi i opóźnione tworzenie antyciał).

Człowiek również może pełnić funkcje biowskaźnikowe. Ostatnio bardzo modna jest analiza spektrofotometryczna włosów ludzkich w różnych przedziałach wieku i z uwzględnieniem płci. Tą drogą ustala się stopień kumulacji niebezpiecznych dla zdrowia Zn, Cu i Pb we włosach ludzi zamieszkujących rejony przemysłowe. W odstępach miesięcznych analizuje się 1-cm odcinki włosów, w których zawartość wspomnianych metali może dochodzić do 50 µg [31].

LITERATURA

- [1] Barkman J. J. — *The influence of air pollution on bryophytes and lichenes*; Air Pollution — Proceedings of the First European Congress on the Influence of Air Pollution on Plants and Animals, Wageningen, 1968: 197—205.
- [2] Bencho Vl., Symon K. — *Contribution to problematics of arsenic contamination of environment*; II Międzynarodni Konferencja „Bioindykatory Deteriorizacji Krajin” 9 VII—14 VII 1973, Most, ČSRS: 45—52.
- [3] Briggs D. — *Population differentiation in Marchantia polymorpha L. in various lead pollution levels*; Nature, 1972, vol. 238, VI — 21: 166—169.
- [4] Bytnerowicz A., Molski B. — *Wpływ atmosferycznego dwutlenku siarki na roślinność*; Wiad. Bot., 1974, z. 3, t. XVIII: 170—179.
- [5] Chłodny J. — *The numbers of Aphids (Aphididae) and the concurrent fauna in young plantations of common birch (Betula verrucosa Ehrh.) in the upper Silesian industrial district*; Entomol. a Ochr. Śr., Wiśła Uzdrowisko, 10—12 X 1974: 41—47.
- [6] Collier B. D., Cox G. W., Johnson A. W., Miller Ph. C. — *Ekologia dynamiczna*; PWRiL, W-wa 1978: 11 (przedmowa).
- [7] Czarnowska K. — *The accumulation of heavy metals in soils and plants in Warsaw area (exemplified by grasses and mosses)*; Polish Journal of Soil Science, 1974, vol. VII, nr 2: 117—122.
- [8] Czarnowska K., Rejment-Grochowska I. — *Concentration of heavy metals — iron, manganese, zinc and copper in mosses*; Acta Soc. Bot. Pol., 1974, vol. XLIII, nr 1: 39—44.
- [9] Doeksen J. — *Notes on the activity of earth worms. V. Some cases of moss migration*; Jaarb. IBS, 1967: 119—121.
- [10] Gill H. S., Toor H. S. — *Bioassay studies on the toxicity to fish of distillery effluents*; Acta Hydrob., 1976, t. 18, nr 3: 229—234.
- [11] Godzik St. — *Aktywność oksydazy polifenylowej roślin uszkodzonych zanieczyszczeniami powietrza*; Biul. Z.B.N., GOP—PAN, 1967, nr 10: 103—114.
- [12] Górny M. — *Zagadnienie bioindykacji w glebach biotopów zdegradowanych*; Wiad. Ekol., 1976, t. XXII, z. 3: 224—229.
- [13] Grodzieńska K. — *Acidification of the tree bark as a measure of air pollution in southern Poland*; Bull. de l'Academie Pol. d. Sci. ser. Sci. Biol., 1971, nr 19: 189—195.
- [14] Grodzieńska K. — *Mosses as bioindicators of heavy metal contamination in the Polish National Parks*; III Intern. Conf. Bioindicators Deterioration Regionis, 12—16 Sept. 1977, Liblice n. Prague (in press).
- [15] Ignatides L., Becacos-Kontas Th. — *Ecology of fouling organism in a polluted area*; Nature, 1970, vol. 225, II — 17: 35—37.
- [16] Keller Th. — *The use of peroxidase activity for monitoring and mapping air pollution areas*; Sonderdruck aus European Journal of Forest Pathology, 1974, B. 4, H. 1: 11—19.

- [17] Klimowicz H. — *Organizmy planktonowe rzek i ich znaczenie w kontroli stopnia czystości wody*; Gosp. Wod., 1978, t. 38, nr 11: 336—339.
- [18] Klimowicz H. — *Pierwotniaki jako bioindykatory osadu czynnego*; Przegl. Inf. Wodociągi i Kanalizacja, 1967, 1: 5—15.
- [19] Kovaleva G. I., Mazmanidi N. D. — *Dejstvie nefiti na ryb*; Gidrob. Ž., 1978, t. 14, nr 5: 67—73.
- [20] Kuziel S. — *Wpływ forofitu na budowę anatomiczną i zawartość chlorofilu w plechach *Parmelia physodes* var. *subcrustacea* (Flat. ex Koer Hilm.)*; Zesz. N. U. Ł., 1972, ser. II, z. 47: 137.
- [21] Kuziel S. — *Influence of SO₂ on chlorophyll content and catalase activity in some chosen lichen species*; Acta Soc. Bot. Pol., 1974, vol. XLII, nr 4.
- [22] Leśniak A. — *Alternations in structures of communities epigeic Carabides Col., as a bioindicator of pollution in forest habitats*; III Intern. Conf. Bio-indicadores Deteriorisationis Regionis, 12—16 Sept. 1977, Liblice n. Prague (in press).
- [23] Martiš M. — *The Carabidae beetles as bioindicators of ecological balance of landscape*; III Intern. Conf. Bioindicadores Deteriorisationis Regionis, 12—16 Sept. 1977, Liblice n. Prague (in press).
- [24] Matulova D. — *The effect of some heavy metals on the growth of fresh water algae*; II Miżnarnadni Konferencja „Bioindikatory Deteriorizace Krajiny” 9 VII—14 VII 1973, Most, ČSRs: 45—52.
- [25] Nielsen M. G., Gissel-Nielsen G. — *Sensitivity of trout to chronic and acute exposure to selenium*; Agricult. a Envir., 1978, t. 4, nr 1: 85—91.
- [26] Nováková E. — *Influence des pollutions industrielles sur les communautés animales et l'utilisation des animaux comme bioindicateurs*; Air Pollution Proceedings of the First European Congress on the Influence of Air Pollution on Plants and Animals, Wageningen, 1968: 41—46.
- [27] Nováková E. — *Problèmes methodologiques de l'utilisation des vertébrés — temoins comme indicateurs biologiques en écologie paysagiste*, III Miżnarnadni Konferencja „Bioindikatory Deteriorizace Krajiny” 9 VII—14 VII 1973, Most, ČSRs: 109—120.
- [28] Odum E. P. — *Ekologia*; W-wa, PWRiL, 1976: 176—180.
- [29] Pujman V. — *Hematological and bone marrow changes in pheasants and mice after subacute peroral applications pesticides or power plant ash*; III Miżnarnadni Konferencja „Bioindikatory Deteriorizace Krajiny” 9 VII—14 VII 1973, Most, ČSRs: 180—184.
- [30] Rabe R., Kreel K. H. — *Enzyme activities and chlorophyll and protein content in plants*; Envir. Poll., 1979, t. 19, nr 2: 119—137.
- [31] Renshaw G. D., Pounds C. A., Pearson E. F. — *Variation in lead concentration along single hair as measured by non-flame atomic absorption spectrophotometry*; Nature, 1972, vol. 238, VI — 21: 162—163.
- [32] Rühling A., Tyler G. — *An ecological approach to the lead problem*; Bot. Notiser, 1968, 121: 321—342.
- [33] Rydzak J., Piórecki J. — *Stan flory porostów w okolicach tarnobrzeckiego zagłębia siarkowego*; Ann. Univ. M. C. S., 1971, ser. C, vol. XXVI, 25: 343—352.
- [34] De Santo R. — *Concepts of applied ecology*; Springer Verlag, New York Inc., 1978: 152—168.
- [35] Schönbeck H. — *Die Anwendung der Testpflanzenmethode. Eine Modifikation des Sorauerschen Fangpflanzenverfahrens zum Nachweis von pflanzenschädlichen Immisionen*; IV Intern. Arbeitstg. Forstk. Rauchschaden-Sachverst., Katowice 9—14 IX 1968: 313—325.

- [36] Skaar H., Ophus E., Gullvag B. M. — *Lead accumulation within nuclei of moss leaf cells*; Nature, 1973, vol. 241, January 19: 215—217.
- [37] Sládeček V. — *Indicator value of fresh water Ostracoda*; Acta Hydroc. Hydrob., 1978, t. 6, nr 6: 561—565.
- [38] Sloover De J. — *Groupes écologiques, combinaison d'espèces indicatrices et tolérance à l'égard des pollutions chez les lichenes épiphytiques*; Bioindikatores of Landscape Deterioration, Symp. Prague, 1971: 18—24.
- [39] Stöcker G. — *Ein Modell der Dominanzstruktur und seine Anwendung Bioindikationen, allgemeine Ergebnisse*; Int. Workshop on "Problems of Bioindication to Recognize Ecological Changes Occurring in Terrestrial Ecosystems due to Anthropogenic Influence", Halle (Salle), 1979, Aug. 27—31: 130—141.
- [40] Strom A. D. — *Roľ protejsich v bilogičeskoj ocistke stočnych vod neftechmičeskoj promyslennosti*; Gidrobiol. Z., 1974, t. 10, nr 2: 49—54.
- [41] Symonides E. — *Zmiany w zawartości chlorofilu a i b w liściach różnego wieku u Spargula vernalis*; Acta Soc. Bot. Pol., 1974, vol. XLIII, nr 2.
- [42] Syrratt W. J., Wanstall P. J. — *The effect of sulphur dioxide on epiphytic Bryophytes*; Air Pollution — Proceedings of the First European Congress on the Influence of Air Pollution on Plants and Animals; Wageningen, 1968: 79—83.
- [43] Zimny H., Żukowska-Wieszczyk D., Sroczyńska M., Staniszevska J. — *Próba oceny niektórych metod stosowanych przy ustalaniu szkód dymowych w drzewostanach sosny zwyczajnej*; Człowiek i Środowisko W-wa, 1977, 1/2: 85—96.
- [44] Żarnowski J., Bednarz T. — *The relationship between medium with herbicides and alga component*; III Międzynarodni Konferencja „Bioindikatory Deteriorizacji Krajin” 9 VII—14 VII 1973, Most ČSRS: 218—233.
- [45] Żelawski W., Łotocki A. — *Photosynthetic capacity of Scots pine (Pinus silvestris L.) needles from a forest subjected to chronic industrial pollution*; Bulletin de l'Académie Pol. des Sci. ser. d. Sci. Biol. Cl. V., 1974, vol. XXII, nr 6: 431—434.
- [46] Żukowska-Wieszczyk D. — *Rola niektórych bio wskaźników zanieczyszczeń powietrza*; Ogrodnictwo, 1976, nr 8: 214—215.
- [47] Żukowska-Wieszczyk D. — *Metody bioindykacyjne w ustalaniu zachwiania równowagi biologicznej gleb Warszawy*; SGGW-AR, W-wa, 1978: 37—56 (praca doktorska).

DAI DUY BAN

Instytut Biologii Doświadczalnej
im. M. Nenckiego PAN

WIAZANIE WAPNIA I NIEKTÓRE INNE WŁAŚCIWOŚCI BŁONY PLAZMATYCZNEJ KOMÓREK BIAŁACZKI LIMFATYCZNEJ L 1210 *

WSTĘP

W komórkach i tkankach, w procesie rakowacenia, zachodzi szereg zmian w ich strukturze i funkcji. Zmiany te przejawiają się głównie w obrębie powierzchni komórkowej, która obejmuje: błonę plazmatyczną, zewnętrzną warstwę mukopolisacharydową i niektóre cytoplazmatyczne struktury związane z błoną komórkową [4, 6]. Jak wiadomo, powierzchnia komórkowa odgrywa ważną rolę w kontrolowaniu wielu funkcji komórki, takich jak np.: selektywna recepcja i przekazywanie zewnętrznych bodźców, adhezja i oddziaływanie międzykomórkowe, przenoszenie substancji przez błonę komórkową, ruch komórek i podtrzymywanie kształtu komórki, a także procesy podziału i różnicowania komórek. Komórki nowotworowe, w przeciwieństwie do komórek normalnych, zatraciły zdolność regulacji wielu z tych właściwości wykazując nowe cechy, takie jak: bardzo szybki podział komórek, inwazyjność w stosunku do otaczających je normalnych tkanek i przerzuty do nowych miejsc w organizmie [4, 17]. W procesie tworzenia komórki nowotworowej zachodzą zmiany w obrębie błony plazmatycznej, które doprowadzają m.in. do zaburzeń w trakcie przenoszenia jonów, w szczególności przenoszenia przez błonę komórkową jonów wapnia [30, 41]. W komórkach L 1210 białaczki limfatycznej Reynafarje i Lehninger [29] wykazali, że przechodzenie wapnia przez błonę plazmatyczną ulegało istotnemu zwiększeniu. Podobne zjawisko obserwowano na komórkach nowotworowych Ehrlicha [13]. Brak było jednak danych dotyczących wiązania wapnia przez błonę plazmatyczną komórek nowotworowych białaczki limfatycznej. Było to impulsem do podjęcia badań nad tym zagadnieniem, z uwzględnieniem niektórych własności błony komórkowej mogących warunkować zjawisko wiązania przez nią wapnia. W badaniach tych stosowaliśmy metody cytochemiczne z zastosowaniem technik mikroskopii elektronowej. Badania obejmowały następujące tematy: 1) uwidocznienie miejsc wiążących wapń; 2) lokalizacja 5'-nukleotydazy enzymu błonowego, który defosforyluje 5'-mononukleotydy i w ten sposób uwalnia nieorganiczny fosforan, który z kolei może służyć jako anion łączący się z jonami wapnia; 3) uwidocznienie glikoproteidów, w szczególności ich ujemnie naładowanych reszt, tworzących warstwę na powierzchni (surface coat) badanych komórek; 4) rozmieszczenie receptorów konkwaliny A; 5) lokalizacja Na^+ , K^+ -ATPazy,

* stały adres: Akademia Medyczna, Hanoi, Wietnam.

Ca^{2+} -ATPazy i Mg^{2+} -ATPazy, enzymów, które mogą uczestniczyć w procesie wiązania i przenoszenia jonów wapnia przez błonę komórkową.

Przedstawione wyżej problemy są bardzo interesujące ze względu na rolę wapnia w komórce, który jest jednym z ważniejszych czynników regulujących szereg czynności fizjologicznych komórki. Jony wapnia regulują bowiem nie tylko aktywność wielu enzymów (jak np. cykazy adenylowej, cykazy guanylowej, fosfodwuesterazy, fosfolipaz, Ca^{2+} -ATPazy, NAD-kinazy, Ca^{2+} — zależnej kinazy białkowej, fosforylasy, IMP syntetazy związanej z procesem syntezy DNA, kinazy miozynowej), lecz także regulują wiele procesów komórkowych, takich jak: organizacja mikrotubul, dysocjacja i przemieszczenie chromatyny na etapie anafazy cyklu mitotycznego, fosforylacja błon, uwalnianie neurotransmiterów, glikoliza i glikoneogeneza. Ponadto jony wapnia biorą udział w fuzji błon komórkowych, która odgrywa istotną rolę w ważnych zjawiskach fizjologicznych, takich jak: ekzo- i endocytozy, zapłodnienie i aktywacja komórki jajowej, fuzja organelli komórkowych (np. powstawanie lizosomów wtórnych), penetracja wirusów do komórki gospodarza itp.

Na powierzchni błony komórkowej jony wapnia uczestniczą bezpośrednio w regulacji takich zjawisk, jak: przepuszczalność błony, pobudzenie, utrzymanie stopnia elastyczności błony komórkowej, jej deformacja, wzajemne przyleganie komórek oraz ściślejsze ich powiązanie.

Badania nasze prowadziliśmy na komórkach białaczki L 1210¹, które były izolowane z płynu wysiękowego myszy DBA/2 siódmego dnia od momentu wstrzyknięcia ok. 1000 komórek nowotworowych pochodzących z 72-godz. hodowli. Stosowana przez nas linia komórek L 1210 pochodzi z nowotworu wywołanego przez posmarowanie skóry samic myszy DBA/2 metylocholintrenem [21]. Komórki te zostały wprowadzone do badań laboratoryjnych, gdyż cechuje je stabilność nowotworowa, mogą być hodowane zarówno *in vitro* jak i *in vivo*, i stanowią dogodny materiał do badań procesów nowotworzenia. Komórki te, jako komórki wolnożyjące, można łatwo izolować w dużych ilościach i bez zanieczyszczeń (rys. 1). Poza tym, ponieważ w komórkach limfocytarnych struktura i funkcja błony plazmatycznej pod wieloma względami są lepiej poznane niż w innych komórkach [4], wszelkie zmiany wywołane w nich w procesie nowotworzenia mogą być łatwiejsze do wykrycia.

1. WIĄZANIE WAPNIA PRZEZ BŁONĘ PLAZMATYCZNĄ KOMÓREK BIAŁACZKI LIMFATYCZNEJ L 1210

Dla uwidocznienia zdolności błony plazmatycznej do wiązania nadmiaru wapnia przedostającego się do komórki, zastosowaliśmy metodę Oschmana i Wall [25]. Metoda ta polega na utrwalaniu komórek w roztworze aldehydu glutarowego w obecności jonów wapnia. Powstają wówczas złoża zawierające wapń, które dzięki jednoczesnemu utrwalaniu komórki pozostają w miejscach ich formowania i widoczne są w mikrosko-

¹ Pragniemy wyrazić głęboką wdzięczność Panu Profesorowi Jerzemu Kawia-kowi, kierownikowi Pracowni Cytofizjologii Centrum Medycznego Kształcenia Podyplomowego w Warszawie, który umożliwił przeprowadzenie tych badań dając nam możliwość korzystania ze zwierząt doświadczalnych.

pie elektronowym. Metoda ta okazała się wysoce selektywna i przydatna do rozróżniania błon plazmatycznych charakteryzujących się różnym stopniem zdolności wiązania jonów wapnia [27]. Ponadto, w badaniach nad wolnożyjącą komórką pierwotniaczą — *Acanthamoeba castellanii* wykazano, że tworzenie się tych zależnych od wapnia złoży może zachodzić także wówczas, gdy nie stosuje się żadnego utrwalacza chemicznego. Sugeruje to, że omawiana reakcja pozwala na uwidocznienie w komórcie efektu działania fizjologicznie aktywnego systemu wiązania wapnia [38].

Badanie błony plazmatycznej komórek L 1210 przy użyciu metody Oschmana i Walla wykazało, że błona tych komórek posiada małą zdolność wiązania nadmiaru wapnia wpływającego do komórki: Zależne od wapnia złoża były słabo widoczne i można było je zaobserwować na zewnętrznej powierzchni błony tylko przy silnych powiększeniach w mikroskopie elektronowym. Złoża te były bardzo delikatne, rozmieszczone nieregularnie i niekiedy widoczne na błonie pokrywającej wypustki cytoplazmatyczne (rys. 2). Natomiast w cytoplazmie depozyty wapniowe występowały obficie, lecz tylko na błonach otaczających wakuole lipidowe. Wakuole te wyglądały jak gdyby obramowane elektronowo nieprzenikliwymi ziarnistościami (rys. 3). Reakcja kontrolna była całkowicie negatywna, niezależnie od tego, czy mieszanina utrwalająca pozbawiona była wapnia, czy też zawierała wapń i EGTA — związek, jak wiadomo, silnie wiążący jony wapnia. Wyniki tych badań potwierdzały, że obserwowane przez nas złoża powstają jedynie w obecności nadmiaru wapnia [2]. Słabe występowanie złóż przy błonie plazmatycznej komórek L 1210 wskazuje na jej niskie powinowactwo do jonów wapnia i wydaje się, że jest to zgodne ze wspomnianym wyżej stwierdzeniem wysokiej przepuszczalności tych błon dla jonów wapnia [29]. Z drugiej zaś strony, obfite występowanie złóż wapnia na błonie otaczającej wakuole lipidowe sugeruje, że wakuole te mogą być jednym z miejsc magazynowania wapnia wewnątrz komórki. Nasze wyniki wydają się być zgodne także z niektórymi charakterystycznymi cechami fizjologicznymi tych komórek. Wydaje się bardzo prawdopodobne, że takie zjawisko jak utrata adhezywności w badanych komórkach nowotworowych może być związana z niedostateczną ilością ligandów zdolnych do wiązania wapnia na powierzchni komórki. Wyjaśnienie tego problemu wymaga jednak dalszych badań.

2. LOKALIZACJA 5'-NUKLEOTYDAZY W BŁONIE PLAZMATYCZNEJ KOMÓREK L 1210 BIAŁACZKI LIMFATYCZNEJ

Następnym etapem badań były próby wyjaśnienia charakteru omówionych wyżej depozytów wapnia tworzących się przy błonie plazmatycznej i w błonie wakuoli lipidowych komórek L 1210. W związku z tym badano aktywność 5'-nukleotydazy enzymu również zlokalizowanego na zewnętrznej stronie błony plazmatycznej, odszczepiającego z estrów nukleotydowych reszty fosforanowe. Punktem wyjścia były sugestie wielu autorów, że właśnie reszty fosforanowe są zaangażowane w wiązanie nadmiaru wapnia. W komórkach wspomnianej już ameby głębokiej *Acanthamoeba castellanii* analiza tych zależnych od wapnia depozytów, tworzących się w różnych eksperymentalnie wywoływanych stanach

fizjologicznych komórki, pozwala przypuszczać, że w ich powstawaniu biorą udział niskocząsteczkowe związki fosforanowe, prawdopodobnie takie jak: ATP, ADP, AMP i Pi [37]. W przypadku płytek krwi ludzkiej w tworzeniu analogicznych depozytów bierze udział ATP, w wyniku czego powstaje dwuwapniowa sól ATP, na co wskazują wyniki mikroanalizy rentgenowskiej [35]. Natomiast inni autorzy sugerują, że fosforan nieorganiczny, uwolniony w procesach enzymatycznych, może uczestniczyć w osadzaniu się wapnia na specyficznych miejscach błony plazmatycznej [26]. Ta sugestia była inspiracją naszych badań nad aktywnością 5'-nukleotydyazy, enzymu zlokalizowanego na zewnętrznej powierzchni błony komórkowej. W badaniach tych stosowaliśmy cytochemiczną metodę Wachsteina i Meisela [40]. Jak się okazało, aktywność 5'-nukleotydyazy była bardzo intensywna i zlokalizowana wyłącznie na zewnętrznej powierzchni błony plazmatycznej komórki białaczki limfatycznej L 1210 (rys. 4). Ponadto, produkt reakcji rozmieszczony był niejednokrotnie wzdłuż błony plazmatycznej, w niektórych miejscach tworzył większe skupienia, co było szczególnie dobrze widoczne na stycznych przekrojach błony. Aktywność enzymatyczna 5'-nukleotydyazy była ograniczona tylko do błony plazmatycznej, nie stwierdzono jej w obrębie błon wakuoli lipidowych, w których to depozyty wapnia występowały szczególnie obficie. Rozmieszczenie produktów reakcji enzymatycznej 5'-nukleotydyazy nie odpowiadało zatem rozmieszczeniu omówionych wyżej depozytów wapnia. Wyniki te wskazują, że 5'-nukleotydaza nie jest zaangażowana w osadzanie wapnia na zewnętrznej powierzchni błony plazmatycznej komórek L 1210.

Wysoka aktywność enzymatyczna 5'-nukleotydyazy wydaje się odgrywać inną ważną rolę fizjologiczną w tych komórkach. Jak wiadomo, enzym ten związany jest z rozszczepieniem nukleotydów środowiska zewnątrzkomórkowego, rozkładając je na produkty, które następnie transportowane są do komórki. Z literatury wiemy, że komórki macierzyste leukocytów rozwijające się w grasicy i w szpiku kostnym wykazują jedynie ograniczoną zdolność do syntezy puryn *de novo* [34, 36], natomiast leukocyty leukemiczne są w ogóle tej zdolności pozbawione [43]. Tę ich właściwość próbowano wykorzystać w leczeniu chorych na białaczkę zwierząt i ludzi [16, 22]. Zaobserwowana w leukemicznych limfocytach wysoka aktywność 5'-nukleotydyazy wydaje się, dzięki dostarczaniu prekursorów kwasów nukleinowych, sprzyjać szybkiemu rozwojowi populacji tych komórek. Wśród związków hydrolizowanych przez 5'-nukleotydazę znajduje się również urydynodwufosfoglukoza [23], która jest substratem dla glikozylotransferazy — enzymu, któremu przypisuje się dużą rolę w rozpoznawaniu się i adhezji komórek [33]. Wydaje się bardzo prawdopodobne, że wysoka aktywność omawianego enzymu na powierzchni transformowanych limfocytów, pozwalająca na szybki rozkład urydynodwufosfoglukozy może być jedną z przyczyn utracenia przez te komórki własności inhibicji kontaktowej. Ponadto adenozy, które są produktami hydrolizy nukleotydów przez 5'-nukleotydazę, uważa się ostatnio za związki kontrolujące aktywność cykazy adenowej. Wskazują na to wyniki doświadczeń, przeprowadzonych na błonie plazmatycznej komórek tkanki tłuszczowej i grasicy szczura, w których uzyskano bardzo silne zahamowanie aktywności cykazy adenyłowej pod wpływem działania adenozyny [32]. Błona plazmatyczna komórek limfocytów leukemicznych L 1210, podobnie jak błona plazmatyczna innych komórek rakowatych, wykazuje raczej niską aktywność tego enzymu [31]. Czy taka

ich właściwość pozostaje w jakimś związku z omówioną powyżej aktywnością 5'-nukleotydu w błonach tych komórek, pozostaje kwestią otwartą.

3. ROZMIESZCZENIE RESZT ANIONOWYCH NA POWIERZCHNI LIMFOCYTÓW LEUKEMICZNYCH L 1210

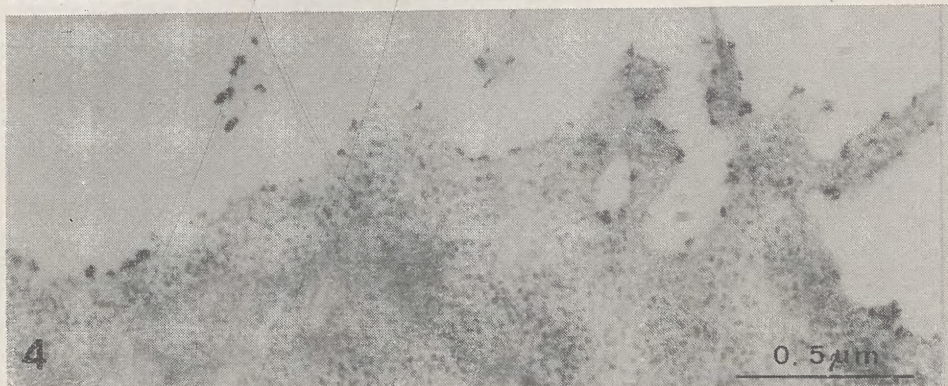
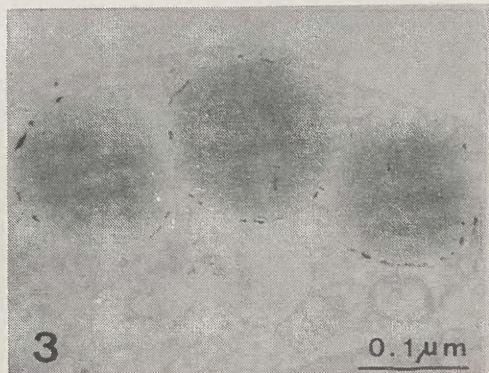
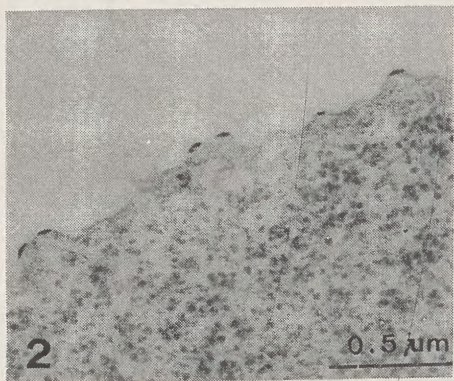
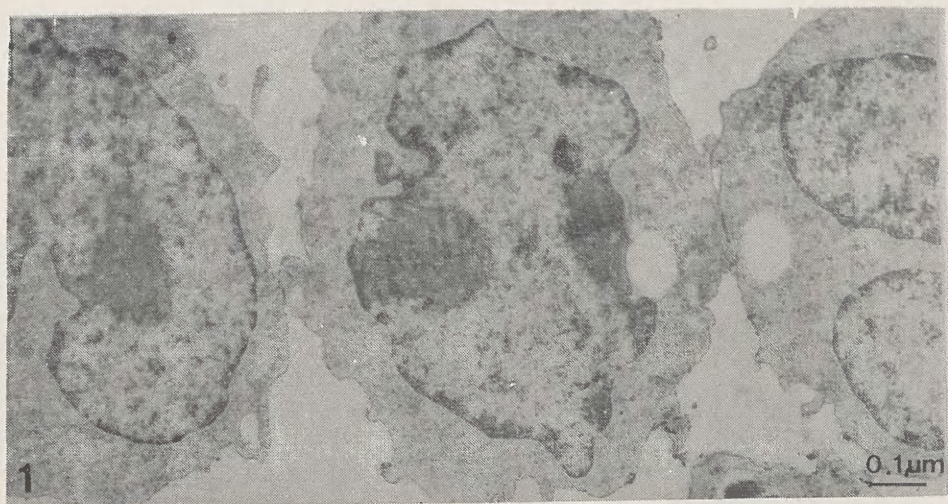
Jedną z przyczyn niskiego stopnia wiązania wapnia przez błonę limfocytów leukemicznych L 1210 mogą być wywołane przez transformację zaburzenia w rozmieszczeniu na błonie anionów i w ich dostępności. Opierając się na tym założeniu, przeprowadziliśmy badania mające na celu lokalizację na błonie komórek L 1210 związków wykazujących powinowactwo do polykationów — czerwieni rutenowej i kationizowanej ferrytyny [8]. Testy takie przeprowadzono również na komórkach poddanych uprzednio trawieniu neuraminidazą oraz hialuronidazą. Okazało się, że w wyniku zastosowania kationizowanej ferrytyny, powierzchnia całej komórki pokryta jest ciągłą, nieprzenikliwą dla elektronów warstwą, grubości około 200—300 Å, utworzoną ze związanych z nią cząsteczek kationizowanej ferrytyny (rys. 5). Uprzednie trawienie komórek hialuronidazą jedynie nieznacznie wpływa na taki wynik, natomiast poddanie komórek trawieniu neuraminidazą powoduje znaczne obniżenie zdolności do wiązania kationizowanej ferrytyny przez ich błonę plazmatyczną. W przypadku zastosowania czerwieni rutenowej, związek ten nie ulegał tak jednolitemu wiązaniu przez całą powierzchnię komórki, jak ferrytyna. W niektórych komórkach, uwidoczniona przy pomocy czerwieni rutenowej warstwa powierzchniowa tworzyła warstwę ciągłą, w innych, nawet pochodzących z tej samej próbki, była przerywana, występując niekiedy w niewielkich skupieniach. Poza tym, składniki błony wiążące czerwień rutenową, odwrotnie niż w przypadku ferrytyny, były niemal całkowicie usuwane przez trawienie hialuronidazą, natomiast na trawienie neuraminidazą były wrażliwe jedynie w niewielkim stopniu. Tak więc, chociaż zarówno kationizowana ferrytyna, jak i czerwień rutenowa wiążą się z błoną komórkową na zasadzie oddziaływań elektrostatycznych z występującymi na jej powierzchni anionami, mogą one być użyte — przynajmniej w przypadku komórek L 1210 — do rozróżnienia lokalizacji związków zawierających reszty kwasu hialuronowego i neuraminowego.

Reasumując, przedstawione wyniki wskazują na to, że bogate w aniony reszty, pokrywające powierzchnię zewnętrzną błony plazmatycznej komórek L 1210, są łatwo dostępne dla reagujących z nimi odczynników. Widocznie zatem inne czynniki, a nie ich dostępność, odpowiedzialne są za słabo dające się uwidocznić wiązanie wapnia do powierzchni tych komórek. Co się tyczy błon otaczających wakuole lipidowe, nie wykazują one nigdy powinowactwa do kationizowanej ferrytyny, nawet w komórkach o uszkodzonej błonie plazmatycznej, co umożliwia łatwe przedostawanie się tak dużej cząsteczki do wnętrza. Natomiast w uszkodzonych komórkach (co mogło nastąpić np. w trakcie wirowania stosowanego przy zbieraniu materiału do badań), przedostająca się do cytoplazmy czerwień rutenowa zawsze ulegała wiązaniu przez błony wakuoli lipidowych. Jak to przedstawiono powyżej, te same błony wakuoli posiadają również w wysokim stopniu zdolność wiązania wapnia [2]. Jest inte-

resujące, że transport jonów wapnia można zahamować właśnie m.in. przez czerwień rutenową [18]. Ostatnio ukazały się w literaturze doniesienia informujące o tym, że właśnie mukopolisacharydy są zaangażowane w wiązaniu i pośrednio w transporcie wapnia poprzez błonę komórkową [24]. Czy w komórkach L 1210 zaobserwowana przez nas zbieżność między zdolnością wiązania wapnia i czerwień rutenowej (raczej niska w przypadku błony plazmatycznej, i na odwrót — wysoka w przypadku błon otaczających wakuole lipidowe (pozostaje w jakimś związku z przytoczonymi wyżej faktami? Rozwiązanie tego problemu wymaga dalszych doświadczeń.

4. ROZMIESZCZENIE RECEPTORÓW KONKANAWALINY A W BŁONIE PLAZMATYCZNEJ LIMFOCYTÓW LEUKEMICZNYCH L 1210

Z literatury wiadomo, że zmiany w rozmieszczeniu receptorów konkanawaliny A mogą wpływać na wiązanie i transport wapnia poprzez błonę komórkową. Niektórzy autorzy obserwowali zwiększony napływ wapnia do limfocytów aktywowanych przez konkanawalinę A [15] lub przez fitohemaglutyninę [1]. Jak się wydaje, w trakcie wiązania tych lektyn z glikoproteinami posiadającymi odpowiednie receptory, zachodzi przesunięcie powstałych kompleksów w płaszczyźnie laterальной błony. W żywej komórce te przesunięcia mogą ułatwić otworzenie się kanałów wapniowych pozwalających na gwałtowny przepływ jonów wapnia. Taki zwiększony napływ wapnia do wnętrza limfocytów, podlegających procesowi transformacji, został zaobserwowany przez Witneya i współpr. [44]. Tak więc, jeżeli słuszne jest podane wyjaśnienie tego zjawiska, można było oczekiwać, że w badanych przez nas leukemicznych limfocytach L 1210 glikoproteiny posiadające receptory dla konkanawaliny A będą rozmieszczone w błonie niejednolicie, raczej w oddzielnych grupach. Przy pomocy odpowiedniej reakcji cytochemicznej, przeprowadzonej przez nas zarówno na żywych, jak i na utrwalonych komórkach, udało nam się wykazać takie rozmieszczenie receptorów dla konkanawaliny A w błonie plazmatycznej komórki L 1210, jak przewidywaliśmy: tworzyły one aglomeraty, między którymi odległości dochodziły niekiedy aż do 350 nm (rys. 6). Takie rozmieszczenie glikoprotein w błonie badanych komórek obserwowaliśmy tylko przy zastosowaniu reakcji z konkanawaliną A, która jest wysoce specyficzna dla cząstek zawierających reszty cukrowe: glukoze, mannozę i fukoze. Zastosowanie innych, nie selektywnych metod pozwala na uwidocznienie całej puli glikoprotein w błonie komórkowej, rozmieszczonych równomiernie na całej powierzchni, nie dając możliwości rozróżnienia poszczególnych ich rodzajów [8]. Wracając do reakcji z konkanawaliną A, łatwość agregowania powiązanych przez nią cząstek wydaje się świadczyć o dużej płynności błony obserwowanej uprzednio wielokrotnie przez różnych autorów w komórkach rakowych [4]. Zjawisko zwiększonej aglutynacji i zmniejszonej zdolności tworzenia zwartego, pojedynczego obszaru zgrupowania na powierzchni komórki wszystkich molekuł wiążących konkanawalinę A (zjawisko zwane „capping”), obserwowane przez autorów w leukemicznych limfocytach, również tłumaczy się zwiększoną płynnością ich błony [19]. Omówionym wyżej właściwościom błony przypisuje się znaczenie dla praktyki klinicznej. Niektórzy autorzy sądzą, że

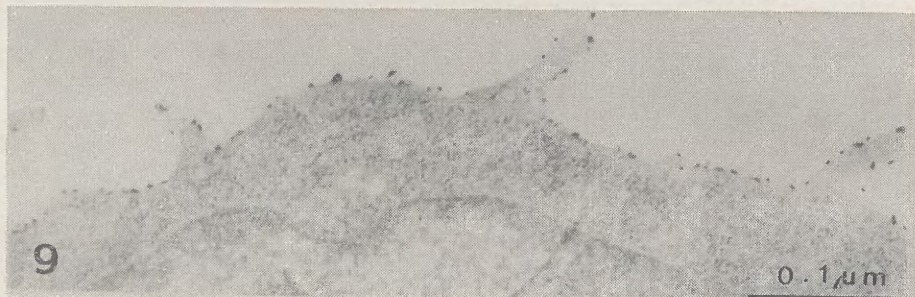
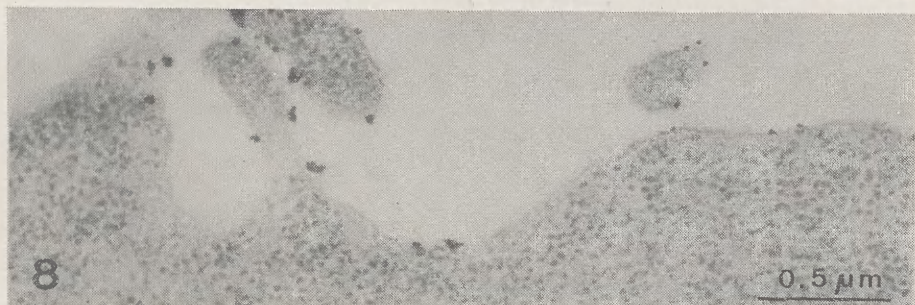
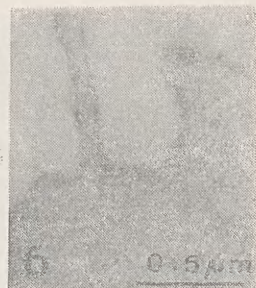
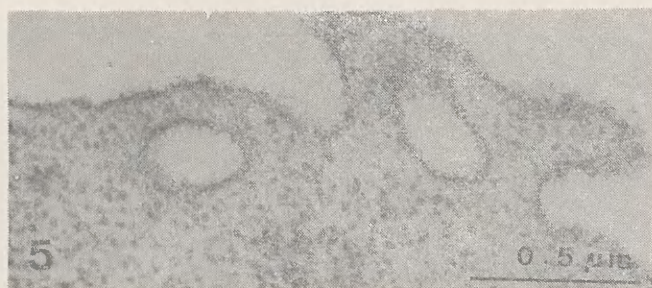


Rys. 1. Komórkę białaczki limfatycznej L 1210 zawierającej wakuole lipidowe, $\times 2400$

Rys. 2. Miejsca wiązania wapnia przy błonie plazmatycznej komórek L 1210, $\times 30\,000$

Rys. 3. Wiązanie wapnia przy błonach otaczających wakuole lipidowe, $\times 14\,000$

Rys. 4. Fragment komórki L 1210 z uwidocznionymi miejscami aktywności 5'-nukleotydazy na zewnętrznej powierzchni błony, $\times 45\,000$



Rys. 5. Wiązanie kationizowanej ferrytyny przez błonę plazmatyczną komórek L 1210, $\times 45\,000$

Rys. 6. Wiązanie konkanawaliny A przez błonę plazmatyczną komórki L 1210 $\times 27\,000$

Rys. 7, 8, 9. Fragmenty komórek L 1210 z uwidocznioną w ich błonie plazmatycznej aktywnością adenozynotrójfosfataz: 7 — Ca^{2+} -ATPaza, $\times 45\,000$, 8 — $\text{Na}^{+}\text{K}^{+}$ -ATPaza, $\times 30\,000$, 9 — Mg^{2+} -ATPaza, $\times 21\,000$

mogą być one wykorzystane przy odróżnieniu diagnostycznym limfocytów leukemicznych od prawidłowych, a także przy kontroli poprzedzającej leczenie kliniczne, a następnie przy sprawdzaniu jego wyników [9].

5. AKTYWNOŚĆ ADENOSYNOTRÓJFOSFATAZ W BŁONIE PLAZMATYCZNEJ LIMFOCYTÓW LEUKEMICZNYCH L 1210

Z literatury wynika, że występujące w błonach adenosynotrójfosfatazy mogą być zaangażowane w wiązanie i transport jonów wapnia poprzez błonę. Wydaje się, że w błonie plazmatycznej leukemicznych limfocytów mała zdolność do wiązania [2] i szybki transport wapnia do wnętrza komórki [29] również jest związany z aktywnością tych enzymów. Jak wykazały nasze badania, w komórkach L 1210 aktywność Na^+K^+ -ATPazy można wykryć tylko na błonie plazmatycznej, podczas gdy aktywność Mg^{2+} -ATPazy i Ca^{2+} -ATPazy występuje w błonie plazmatycznej i w błonie wakuoli lipidowych, przy czym w tej ostatniej uzyskiwano znacznie silniejszy odczyn, niż w błonie plazmatycznej (porównując tej samej długości odcinki przekrojów błon) [3] (rys. 7, 8, 9).

Jak wiadomo, dla utrzymania różnorodnych przejawów aktywności fizjologicznej komórki musi być utrzymane stężenie wapnia w cytoplazmie na określonym poziomie — poniżej 10^{-5} M. Ten niski poziom wapnia jest utrzymywany za pośrednictwem szeregu mechanizmów, z których jednym jest aktywne wydalenie (extrusion) jonów wapnia na zewnątrz komórki poprzez jej błonę, co zachodzi głównie przy udziale Ca^{2+} -ATPazy wchodzącej w skład pompy wapniowej [5]. Z kolei jony wapnia (stymulujące aktywność tej ATPazy) mają zdolność oddziaływania z tzw. wiążącymi wapń białkami [14], w szczególności zaś z wykrytą niedawno kalmoduliną, której obecność stwierdzono m.in. na wewnętrznej powierzchni błony plazmatycznej wielu komórek [6, 28, 39]. Kompleks kalmoduliny z wapniem stanowi aktywną formę tego białka, regulującego aktywność całego szeregu enzymów, w tym także Ca^{2+} -ATPazy [12]. Można przypuszczać, że przy dużym napływie wapnia do wnętrza komórek, charakterystycznym wg Lehningera i wspólr. [29] dla komórek L 1210, kompleks kalmoduliny z wapniem łatwo może ulegać oddzieleniu od błony plazmatycznej, co uniemożliwia działanie jego jako aktywatora Ca^{2+} -ATPazy.

W ostatnich latach pojawiły się prace wykazujące, że nawet niewielkie ilości wapnia, wiążąc się z zewnętrzną powierzchnią sarkoplazmatycznego retikulum, mogą powodować wychodzenie wapnia z wnętrza kanałów tej siateczki [20, 42]. Być może, że obok stosunkowo niskiej aktywności pompy wapniowej związanej z Ca^{2+} -ATPazą, w błonie plazmatycznej komórek L 1210 działa również podobny mechanizm. Poza tym, wydalenie wapnia z komórki może zachodzić również pośrednio dzięki aktywności Na^+K^+ -ATPazy, która stymuluje wymianę jonów poprzez błonę komórkową [10] oraz przy udziale Mg^{2+} -ATPazy [11]. Nasze badania sugerują, że błona plazmatyczna komórek białaczki limfatycznej L 1210 charakteryzuje się wysoką aktywnością Na^+K^+ -ATPazy i Mg^{2+} -ATPazy, co pozwala przypuszczać, że wspomniany mechanizm regulacji poziomu wapnia w tych komórkach może być bardzo aktywny [3].

W odróżnieniu od błony plazmatycznej, błony otaczające wakuole lipidowe w komórkach L 1210, jak to już zaznaczono, charakteryzują się ra-

czej wysoką aktywnością Ca^{2+} -ATPazy. Aktywność Mg^{2+} -ATPazy w tej błonie jest też wysoka. Wydaje się zatem bardzo prawdopodobne, że może to być związane z ewentualną funkcją błony wakuoli lipidowych, polegającą na wiązaniu nadmiaru wapnia i łatwym uwalnianiu go do cytoplazmy, odpowiednio do aktualnych potrzeb fizjologicznych komórki.

WNIOSKI

Przedstawione wyniki naszych badań, przeprowadzonych na komórkach białaczki limfatycznej L 1210 za pomocą metod cytochemicznych zastosowanych do mikroskopii elektronowej, pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Zastosowanie metody cytochemicznej do uwidocznienia miejsc wiązania wapnia wykazało, że w błonie komórek L 1210 miejsca charakteryzujące się szczególnym powinowactwem do wapnia są nieliczne i zlokalizowane wyłącznie na jej zewnętrznej powierzchni.

2. Porównanie obrazów rozmieszczenia miejsc wiązania wapnia na błonie komórek L 1210 z obrazami rozmieszczenia na niej reszt anionowych, uwidoczniionych przy zastosowaniu odpowiednich polikationów sugeruje, że wapń jest wiązany przez błonę selektywnie, w określonych miejscach występowania związków charakteryzujących się szczególnym powinowactwem do tego kationu. Ewentualne wiązanie wapnia przez reszty anionowe występujące na powierzchni komórki zachodzące na zasadzie oddziaływań elektrostatycznych, nie prowadzi prawdopodobnie do takiego nagromadzenia wapnia, które tworzyłoby osady widoczne w mikroskopie elektronowym.

3. Rozmieszczenie na błonie komórek L 1210 miejsc występowania aktywności Ca^{2+} -ATPazy podobne jest do rozmieszczenia miejsc wiązania wapnia. Obserwacja ta sugeruje, że wapń gromadzi się na błonie tych komórek szczególnie w miejscach aktywnie działającej pompy wapniowej. Z drugiej zaś strony, niska aktywność tej pompy, na co wskazuje niska aktywność wykrywanej przez nas Ca^{2+} -ATPazy, sugeruje, że nie jest to jedyny mechanizm regulujący usuwanie nadmiaru wapnia z tych komórek.

4. Błona komórek L 1210 charakteryzuje się dużą aktywnością Mg^{2+} -ATPazy i Na^+, K^+ -ATPazy. Natomiast wiadomo z literatury, że te dwa enzymy poprzez regulację poziomu jonów sodu i magnezu pośrednio mogą wpływać na poziom jonów wapnia w cytoplazmie komórek.

5. Zastosowanie metody selektywnego wykrywania glikoproteidów za pomocą reakcji z konkanawaliną A wykazało, że glikoproteidy, zawierające jako reszty cukrowe: mannozę, glukozę i fukozę, występują w błonie komórek L 1210 w grupach nieraz znacznie oddalonych od siebie. Możliwość tworzenia takich grup, szczególnie widoczna przy przeprowadzeniu reakcji na żywych, nieutrwalonych komórkach L 1210, wskazuje na dużą płynność ich błony powierzchniowej, pozwalającą na przemieszczenia w jej płaszczyźnie lateralnej glikoproteidów. Zgodnie z sugestiami wyrażonymi w literaturze, zjawisko takie może być związane z otwieraniem kanałów wapniowych, a zatem w przypadku komórek L 1210 mogłoby być związane z łatwym przechodzeniem wapnia przez ich błonę.

6. W wakuolach lipidowych w komórkach L 1210 obecność wiążących wapń na ich błonie i pokrywająca się z tym obecność aktywnej Ca^{2+} -ATPazy sugerują, że błony tych wakuoli mogą stanowić w komórce jeden z rezerwuarów, który może być aktywnie uwalniany do cytoplazmy w miarę potrzeb fizjologicznych komórki.

*

Pragnę wyrazić głęboką wdzięczność Pani Profesor Aleksandrze Przełęckiej za opiekę przy prowadzeniu badań i cenne uwagi, Panu Dr. Andrzejowi Sobocie za krytyczne przejrzanie tej pracy, jak również pragnę serdecznie podziękować Pani Redaktor Jadwidze Kobuszewskiej za pomoc przy edytorskim przygotowaniu tego artykułu.

LITERATURA

- [1] Allwood G., Asherson G. L., Davey M. J., Goodford P. J. — *The early uptake of radioactive calcium by human lymphocytes treated with phytohaemagglutinin*. Immunology 21, 509—516, 1971.
- [2] Ban Dai duy — *Cytochemical visualization of calcium binding to the plasma membrane of L 1210 lymphoid Leukaemic cells*. Acta histochem. 65, 160—167, 1979.
- [3] Ban Dai duy — *Adenosine triphosphatases on plasma membrane and membrane surrounding lipid vacuoles in L 1210 lymphoid leukemic cells*. Cell structure and function, (w druku).
- [4] Ban Dai duy — *Structure and function of normal and transformed lymphocyte surface* (przygotowane do druku).
- [5] Ban Dai duy — *Ultracytochemical characteristics of L 1210 leukemic lymphoid cell surface II. Plasma membrane and membrane associated enzymes* (przygotowane do druku).
- [6] Ban Dai duy — *Ultracytochemical characteristics of L 1210 leukemic lymphocyte surface III. Plasma membrane associated cytoplasmic components* (przygotowane do druku).
- [7] Ban Dai duy, Kawiaak J. — *5'-Nucleotidase of L 1210 cells. Cytochemical and kinetic studies*. Folia Histochem. Cytochem. 17, 29—36, 1979.
- [8] Ban Dai duy, Przełęcka A. — *Surface coat of the plasma membrane of L 1210 lymphoid leukemic cells — cytochemical study*. Folia Histochem. Cytochem. (w druku).
- [9] Ben-Bassat H. — *Changes in the surface membrane of lymphocyte from patients with chronic lymphocyte leukemia and malignant lymphomas*. Israel. J. Med. Sci. 13, 758—766, 1977.
- [10] Blaustein M. P. — *The interrelationship between sodium and calcium fluxes across cell membranes*. Res. Physiol. Biochem. Pharmacol. 70, 33—82, 1974.
- [11] Bygrave F. L. — *Calcium movements in cells*. Trends Biochem. Sci. 3, 175—177, 1978.
- [12] Cheung W. — *Calmodulin plays a pivotal role in cellular regulation*. Science 207, 19—27, 1980.
- [13] Citadini A., Scarpa A., Chance B. — *Calcium transport in intact Ehrlich ascites tumor cells*. Biochim. Biophys. Acta 291, 246—259, 1973.

- [14] Drabikowski W., Strzelecka-Golaszewska H., Carafoli E. — *Calcium binding proteins*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam PWN — Polish Scientific Publishers, Warszawa, 1974.
- [15] Freedman M. H., Raff M. C., Gomperts B. — *Introduction of increased calcium uptake in mouse T lymphocytes by concanavalin A and its modulation by cyclic nucleotides*. *Nature* 255, 378—382, 1975.
- [16] Grindley B. G., Lowe J. K., Divekar A. Y., Hakala M. T. — *Potentiation by guanine nucleosides of the growth inhibitory effects of adenosine analogs on L 1210 and sarcoma 180 cells in culture*. *Cancer Res.* 36, 379—383, 1976.
- [17] Grzelakowska-Sztabert B. — *Zmiany powierzchniowe komórek towarzyszące ich transformacji wirusowej*. *Post. Biochem.* 20, 3—22, 1974.
- [18] Hinnen R., Miyamoto H., Racker E. — *Ca²⁺ translocation and in Ehrlich ascites tumor cells*. *J. Membrane Biol.* 49, 309—324, 1979.
- [19] Inbar M., Shinitzky M., Sachs L. — *Microviscosity in the surface membrane lipid layer of intact normal lymphocytes and leukemic cells*. *FEBS Lett.* 38, 268—270, 1974.
- [20] Katz A. M., Repke D. I., Fudyma G., Shigekawa M. — *Control of calcium efflux from sarcoplasmic reticulum vesicles by external calcium*. *J. Biol. Chem.* 252, 4210—4214, 1977.
- [21] Law L. W., Dunn T. B., Boyle P. J., Muller J. H. — *Observation on the effect of a folic acid antagonist on transplantable lymphoid leukemias in mice*. *J. Nat. Cancer Inst.* 10, 179—192, 1949.
- [22] LePage G. A., Lin Y. T., Orth R. E., Gottlieb J. A. — *5-Nucleotides as potential formulations for administering nucleoside analogs in man*. *Cancer Res.* 23, 2441—2444, 1972.
- [23] Misra D. N., Ladoulis C. T., Estes L. W., Gill T. J. — *III. Biochemical and enzymatic characterization of thymic and splenic lymphocyte plasma membranes from inbred rats*. *Biochemistry*, 14, 3014—3024, 1975.
- [24] Moore C. L. — *Specific inhibition of mitochondrial Ca²⁺ transport by ruthenium*. *red. Biochem. Biophys. Res. Comm.* 42, 298—305, 1971.
- [25] Oschman J. L., Wall B. J. — *Calcium binding to intestinal membranes*. *J. Cell Biol.* 55, 58—73, 1972.
- [26] Oschman J. L., Hall T. A., Peters P. D., Wall B. J. — *Association of calcium with membrane of squid axon*. *J. Cell. Biol.* 61, 156—165, 1974.
- [27] Przełęcka A., Sobota A. — *Calcium dependent deposits at the plasma membrane during development of the oocyte of Galleria mellonella*. *Cytobiologie* 13, 182—190, 1976.
- [28] Rasmussen H., Clayberger C. — *Information transfer in cell activation*. In: *Membrane transduction mechanisms*. Ed. Cone R. A., Dowling J. E., Raven Press, New York, 139—159, 1979.
- [29] Reynafarje B., Leninger A. L. — *Ca²⁺ transport by mitochondria from L 1210 mouse ascites tumor cells*. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 70, 1744—1748, 1973.
- [30] Robbins J. C., Nicolson G. L. — *Surface of normal and transformed cells*. In *Cancer 4. A comprehensive treatise. Biology of tumors: surfaces, immunology, and comparative pathology*. Becker F. F. (ed.). Plenum Press. New York, 3—54, 1975.
- [31] Rodan S. B., Egen J. J., Golub E. E., Rodan G. A. — *Comparison of bone and osteosarcoma adenylate cyclase. Partial purification of membranes and kinetic properties of enzym.* *Biochem. J.* 185, 617—627, 1980.
- [32] Rodbell M. — *The role of hormone receptors and GTP — regulatory proteins — in membrane transduction*. *Nature* 284, 17—22, 1980.

- [33] Roseman S. — *The synthesis of complex carbohydrates by multiglycosyl-transferase systems and their potential function in intercellular adhesion.* Chem. Phys. Lipids. 5, 270—297, 1980.
- [34] Shapira J., Bornstein L., Wells W., Wintzler R. J. — *Metabolism of human leukocytes in vitro. IV. Incorporation and interconversion of adenine and guanine.* Cancer Res. 21, 265—270, 1961.
- [35] Skaer R. J., Peters P., Emmines J. P. — *The localization of calcium and phosphorus in human platelets.* J. Cell Sci. 15, 679—692, 1974.
- [36] Smellie R. M. S., Thomson R. Y., Davidson J. N. — *The nucleic acid metabolism of animal cells in vitro. I. The incorporation of ^{14}C — formate.* Biochim. Biophys. Acta 29, 59—74, 1958.
- [37] Sobota A., Przełęcka A. — *X-ray microanalysis of calcium — dependent deposits at the plasma membrane of Acanthamoeba castellanii.* Cytobiologie. 17, 464—469, 1978.
- [38] Sobota A., Przełęcka A. — *Visualization of calcium — binding sites at plasma membrane of shock — frozen Acanthamoeba cells.* (w druku).
- [39] Teo T. S., Wang J. H. — *Mechanism of activation of a cyclic adenosine 3':5' — monophosphate phosphodiesterase from bovine heart by calcium ions.* J. Biol. Chem. 248, 5950—5955, 1973.
- [40] Wachstein M., Meisel E. — *Histochemistry of hepatic phosphatases at a physiologic pH.* Am. J. Clin. Pathol. 27, 13—23, 1957.
- [41] Wallach D. F. H. — *Cell contact and cell recognition.* In: Membrane molecular biology neoplastic cells. Wallach D. F. H. (ed). Elsevier publishing company Amsterdam — Oxford — New York. 345—408, 1975.
- [42] Weber A. — *Regulatory mechanisms of the calcium transport system of fragmented rabbit sarcoplasmic reticulum. II. Inhibition of outflux in calcium free media.* J. Gen. Physiol. 57, 64—70, 1971.
- [43] Williams A. M. — *Nucleic acid metabolism in nucleic human leucocytes. I. In vitro incorporation by leucocytes from chronic granulocytic leukemia* Cancer Res. 22, 314—321, 1962.
- [44] Witney R. B., Sutherland R. M. — *Enhanced uptake of calcium by transforming lymphocytes.* Cellular Immunology. 5, 137—147, 1972.

WITOLD NEUGEBAUER, MACIEJ BRZESKI

Zakład Technologii Przetwórstwa

Morski Instytut Rybacki

Gdynia

CHITYNA SKORUPIAKÓW MORSKICH

Podaje się ogólne wiadomości o chitynie jako związku chemicznym, jego występowaniu w przyrodzie i funkcji jaką spełnia w środowisku morskim. Dyskutowuje się rolę kryła antarktycznego jako surowca do otrzymywania chityny na tle innych źródeł. Podaje się przegląd technologii izolacji chityny z pancerzy skorupiaków oraz dotychczasowe rezultaty izolacji chityny z pancerzy kryła antarktycznego. Przytacza się polską koncepcję zagospodarowania kryła na cele spożywcze i paszowe, a w tym wykorzystanie odpadów jakim jest jego pancerz i podaje się rezultaty prac badawczych i wdrożeniowych technologii izolacji chityny na skalę przemysłową wraz z pierwszymi danymi porównawczymi jakości produktu z produktami innych źródeł.

1. WSTĘP

W roku 1821 po raz pierwszy w historii ukazało się określenie chityny podane przez A. Odiera w *Memoires de la Société d'Histoire Naturelle de Paris* i *Dictionnaire Classique d'Histoire Naturelle*. Nazwę tę pochodzącą od greckiego — chiton (odzież, tunika, powłoka) przypisał substancji wyizolowanej z pancerzy owadów, zwracając uwagę na podobieństwo jej funkcji dla owadów do funkcji celulozy w roślinach. Jednakże za odkrywcę chityny uważa się Henry Braconnota (1780—1856), który 10 lat wcześniej opisał substancję wyizolowaną z grzybów i nazwał ją funginą. Dalsze lata pracy nad tą substancją pozwoliły ustalić, że jest ona polisacharydem, a dokładnie polimerem β -1 $\rightarrow$ 4/2-acetamido-2-dezoksy-D-glukozy, czyli poli-N-acetylo-D-glukozaaminą. Chitynie często w przyrodzie towarzyszy obecność jej zdeacetylowanej formy — chitozanu, a natywna chityna z reguły w kilkunastu procentach zbudowana jest z merów D-glukozaminowych.

Chityna pod względem ilościowym jest drugim po celulozie naturalnym polimerem występującym w przyrodzie. Polimer ten wraz z innymi polisacharydami gromadzony jest w ściankach komórek grzybów, drożdży i pleśni. Chityna występująca w organizmach żywych takich jak skorupiaki, owady, głowonogi, małże i inne związana jest głównie z białkami. W przyrodzie występuje w trzech polimorficznych formach tworząc α , β i γ -chitynę, przy czym w przewodzie jest forma α , następnie β i rzadko γ . W wyniku prac wykonanych w latach 60-tych naszego stulecia poznano w podstawowych zarysach drogę biosyntezy chityny [8], która rozpoczyna się od trehalozy poprzez glukozę, fosforan glukozy i fruktozy. Grupa aminowa wprowadzana jest do fosforanu fruktozy z glutaminy poprzez aminotransferazę. Acetylowanie aminocukru odbywa się z udziałem

lem acetylo-Co-A. Zmutowany do formy fosforanu w pozycji 1-N-acetylo-amonocukier aktywowany urydynotrójfosforanem poddawany jest działaniu syntetazy chitynowej daje natywną chitynę. Taka chityna w różnych organizmach w różnym stopniu poddawana jest działaniu deacetylazy prowadząc do formy częściowo zdeacetylowanej a w skrajnym przypadku do chitozanu. Niektórym mikroorganizmom obok chityny towarzyszy chitozan np.: *Choanechora cucurbitarum* w swojej suchej masie ma 17% chityny i 28% chitozanu.

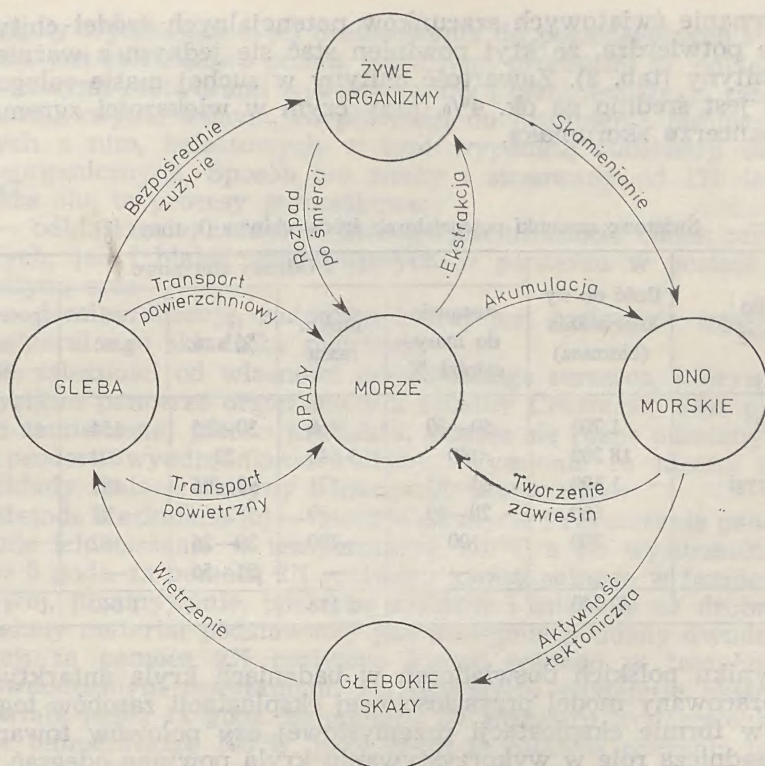
Chityna grzybów zawiera z reguły mniej azotu niż chityna innych organizmów [11] i z tego powodu czasem nazywana jest mycetyną. Prawdopodobnie w łańcuch polimerów wbudowywane są także elementy metylopentoz. W stosunku do innych polisacharydów jak celuloza, lignina, skrobia, glikogen, pektyny, chityna i chitozan wykazują unikalne właściwości różniące je przede wszystkim charakterem chemicznym wynikającym z obecności zasadowych grup aminowych. Optyczne i strukturalne właściwości chityny i chitozanu są wynikiem obecności regularnie rozmieszczonych grup aminowych w poliglutaminowym łańcuchu.

2. ZNACZENIE CHITYNY W ŚRODOWISKU MORSKIM

Chityna w przyrodzie występuje głównie w grzybach, mikroorganizmach, owadach i różnego rodzaju skorupiakach, głowonogach i innych organizmach morskich. Ze względu na duże rozproszenie żywych organizmów niemorskich i trudności w ich koncentracji do ilości umożliwiającej łatwiejsze wykorzystanie nie stanowią one przedmiotu szczególnego zainteresowania. Środowisko morskie jest najbardziej znaczącym źródłem dla światowej produkcji chityny, a tym samym przedmiotem wielu prac o charakterze poznawczym. Stwierdzono, że chityna w tym środowisku spełnia ważną rolę w transporcie metali i samooczyszczaniu środowiska. Bardzo interesujące zjawisko obserwowano w otoczeniu miejsc występowania skorupiaków morskich, które akumulowały za pośrednictwem pancerza różne metale z różną siłą. Zjawisko to obrazuje zestawienie stężenia metali w organizmach skorupiaków i otaczającym je środowisku przytoczone w tab. 1 [7].

Tablica 1
Współczynnik akumulacji metali z wody morskiej przez zooplankton
(J. H. Martin, Limnol. Oceanogr. 15, 56 (1970))

Pierwiastek	µg/g zooplanktonu	µg/g wody morskiej	Współczynnik akumulacji
Pb	5,9	0,00003	197 000,0
Fe	144,0	0,01	14 400,0
Cd	0,6	0,0001	6 000,0
Zn	51,6	0,01	5 100,0
Co	1,6	0,0005	3 200,0
Ni	5,0	0,002	2 500,0
Mn	3,3	0,002	1 650,0
Cu	4,9	0,003	1 630,0
Ca	4200,0	400,0	10,5
Sr	40,8	8,0	5,1
Hg	1800,0	1850,0	1,3



Rys. 1. Biogeochemiczny cykl pierwiastków

Chityna i chitozan wykazują dużą zdolność kompleksowania metali, przy czym trwalsze kompleksy tworzy chityna i ona częściej pośredniczy w środowisku morskim w mechanizmie cyklu metali. Biogeochemiczny cykl metali, w którym znaczny udział ma właśnie chityna przedstawiono na rys. 1 [9].

3. ŹRÓDŁA POZYSKIWIANIA CHITYNY

Światowa produkcja chityny/chitozanu w 1978 r. wynosiła ok. 1000 t rocznie. Produkcja ta ograniczała się jedynie do dwu państw, tj. Japonii (ok. 700 t) i Stanów Zjednoczonych (ok. 300 t). W krajach tych produkcja chityny oparta jest o odpady pancerzy z przetwórstwa krewetek, krabów, langust i homarów stanowiących surowiec o minimalnej wartości a często surowiec nabywany za cenę pozbycia się kłopotliwego odpadu. Według opinii ekspertów [1] taka sytuacja surowcowa powinna utrzymać się w ciągu najbliższych lat. Nie wydaje się, aby tego rodzaju przetwórstwo miało w najbliższym czasie zdecydowanie powiększyć się i dać dodatkowe ilości surowca do produkcji chityny. Natomiast nie do pominięcia jest fakt istnienia znacznych ilości kryla antarktycznego w Oceanie Południowym, kalifornijskiego czerwonego kraba czy błękitnego kraba z zatoki Chesapeake, które w przypadku podjęcia decyzji o ich eksploatacji i przetwarzaniu dadzą znaczne ilości odpadów pancerza stanowiącego ważne źródło chityny.

Porównanie światowych szacunków potencjalnych źródeł chityny [1] wyraźnie potwierdza, że krył powinien stać się jednym z ważniejszych źródeł chityny (tab. 2). Zawartość chityny w suchej masie całego kryła oceniana jest średnio na ok. 40%, przy czym w większości zgromadzona jest w pancerzu skorupiaka.

Tablica 2

Światowe szacunki potencjalnych źródeł chityny (k tony) [1]

Źródło chityny	Ilość do wykorzystania (biomasa)	Odpady chitynowe				
		stosunek do masy całości %	mokra masa	% s.m.	s.m.	potencjalna zaw. chityny
Skorupiaki	1 700	50—60	468	30—25	154	39
Krył	18 200	40	3 640	22	801	56
Małże/ostrygi	1 390	65—85	521	90—95	481	22
Kalmary	660	20—40	99	21	21	1
Grzyby	700	100	790	20—26	182	32
Owady		—	—	21—56	—	—
Razem:	22 740		5 118		1 640	150

W wyniku polskich doświadczeń w badaniach kryła antarktycznego został opracowany model przyszłościowej eksploatacji zasobów tego skorupiaka w formie eksploatacji przemysłowej czy połowów towarzyszących. Zasadniczą rolę w wykorzystywaniu kryła powinna odegrać możliwość uzyskania dobrej paszy a także zużytkowanie bezpośrednio do spożycia w formie odłuszczonego (odpancerzonego) mięsa. Oba te procesy dostarczają znaczne ilości (8—12% poławianej masy), odpadowego surowca chitynowego. Surowiec ten o przeciętnych parametrach jak podano

Tablica 3

Charakterystyka odpadów chitynowych z polskich przetwórní statkowych

Proces	s.m. (%)	Pancerz*	
		%	% s.m.
Mączka niskochitynowa	35,2±3,0	16,6±2,6	47,1±5,2
Mięso wg „Laitram”	24,6±1,2	13,8±2,8	55,7±10,3

* Pancerz (Shell waste) oznaczony jako substancja nierozpuszczalna w 5% NaOH w 90° C przez 2 h.

w tab. 3 może i powinien być uszlachetniany jeszcze na pokładzie statku. Uszlachetnienie go polegałoby na maksymalnej koncentracji zawartości pancerza chitynowego a obniżeniu ilości białka towarzyszącego i wody.

4. PRZEGLĄD TECHNOLOGII POZYSKIWANIA CHITYNY

Technologia pozyskiwania (izolacji) chityny z pancerzy zarówno kryła, jak i innych skorupiaków, a także części innych organizmów w skład których wchodzi chityna, pominąwszy drobne, aczkolwiek bardzo ważne,

szczegóły wynikające z jej dostosowania do poszczególnych rodzajów surowca, jest stosunkowo prosta. Głównymi procesami są: odbiałczenie rozcieńczonymi roztworami wodorotlenków i demineralizacja rozcieńczonym kwasem, zwykle solnym, co prowadzi do uwolnienia polimeru od związanych z nim, balastowych w tym wypadku, substancji organicznych i nieorganicznych. Sposób ten znany i stosowany od 170 lat obejmuje zawsze oba te procesy jednostkowe:

— odbiałczenie, zadaniem którego jest usunięcie białek zarówno tkanekowych, jak i białek występujących w pancerzu w postaci kompleksu z chityną oraz

— demineralizację, zadaniem której jest rozłożenie węglanu wapnia — mineralnego składnika pancerzy.

W zależności od własności przerabianego surowca, którym są przede wszystkim pancerze organizmów z rodziny *Crustacea*, oraz przewidywanej i zamierzonej jakości produktu, stosuje się różne odmiany prowadzenia procesu wyodrębniania chityny. Wymienić tu można następujące przykłady izolacji chityny z pancerzy skorupiaków:

Metoda Hackmana [5] — stosuje on mycie i czyszczenie pancerzy a następnie ich suszenie w temperaturze 100°C a po wysuszeniu trawienie przez 5 godz. za pomocą 2N roztworu kwasu solnego w temperaturze pokojowej, przemycie, ponowne suszenie i mielenie na drobny proszek. Zmielony materiał podstawowy jest następnie poddany dwudniowej ekstrakcji za pomocą 2N roztworu kwasu solnego w temperaturze 0°C z równoczesnym mieszaniem. Po przemyciu następuje ekstrakcja tego materiału przez 12 godz. za pomocą 1N roztworu wodorotlenku sodowego w temperaturze 100°C, przy czym ta ostatnia operacja była powtarzana czterokrotnie.

Metoda Whistlera i BeMillera [12] — po umyciu i wysuszeniu pancerzy pod próżnią w temperaturze 50°C i ich zmieleniu stosują trzydniowe działanie 10% roztworu wodorotlenku sodu trzykrotnie wymienianego a po odmyciu do odczynu neutralnego i przemyciu 96% alkoholem etylowym i kolejno acetonem i absolutnym alkoholem i eterem etylowym produkt suszą pod próżnią i poddają czterogodzinnemu działaniu 37% kwasu solnego w temperaturze -20°C.

Metoda Horowitza, Rosemana i Blumenthala [6] — stosują oni wstrząsanie odbiałczonych pancerzy przez 18 godzin w stężonym kwasie mrówkowym (90%) w temperaturze pokojowej. Po przefiltrowaniu i przemyciu materiał poddawano 2,5 godz. działaniu 10% roztworu wodorotlenku sodu w łaźni parowej.

Foster i Hackman [4] opracowali metodę, która jak twierdzą, opiera się na o wiele łagodniejszych warunkach od wymienionych powyżej. Polega ona na działaniu kwasem etylenodwuaminotrójchlorooctowym (EDTA) a następnie na ekstrakcji etanolem i eterem etylowym.

Metoda Takedy i Abe [10] oraz Takedy i Katanuny opiera się również na działaniu EDTA przy pH=10 w temperaturze pokojowej, po którym następuje działanie enzymatyczne enzymami protelitycznymi (pochodzącymi z tuńczyka) przy pH=6,6 lub traktuje się materiał np. papainą przy pH=5,5—6,0.

Metody te stosowane były do pancerzy krabów, krewetek, homarów i langust. Celem wszystkich wymienionych metod było wyizolowanie chityny w stanie zbliżonym do chityny naturalnej występującej w surowcu — przy czym wspomniane metody (co należy podkreślić) są me-

todami preparatywnymi, laboratoryjnymi i, jak wynika z ich analizy, trudnymi i niekiedy nieekonomicznymi do zastosowania na większą skalę. Niemniej, w praktyce światowej pokonano już trudności rozszerzania skali rozwoju technologii podejmując produkcję standardowego produktu w ilościach przemysłowych. Przykładem mogą być założenia do kompleksowej klasycznej technologii otrzymywania chityny i chitosanu na instalacji pilotowej w Tukwila, której właścicielem jest Food Chemical and Research Lab. Inc. w Seattle.

Technologia dostosowana do przerobu pancerzy alaskańskiego kraba królewskiego (King crab of Alasce) opiera się na prostym układzie kolejno po sobie następujących procesów odbiałczania (deproteinizacji) i demineralizacji, rozdzielonych operacjami płukania i rozdziału faz. Technologia ta jest jednocześnie przykładem kompleksowego, w ekonomiczny sposób potraktowanego, przerobu surowca i odzyskania wszystkich możliwych do odzyskania jego składników, a więc chityny, chitosanu, białek, octanu sodu i solanki (CaCl_2).

Na podobnych zasadach opierać się ma technologia przemysłowego otrzymywania chityny i chitosanu bazująca na krabie błękitnym z zatoki Chesapeake (Chesapeake blue crab) w zakładach przetwórczych umiejscowionych na wybrzeżach stanu Wirginia w USA, które mają zostać uruchomione w bieżącym 1980 r.

Dobór wariantu technologicznego i sposób umaszynowania linii zależą w głównym stopniu od gatunku i rodzaju przerabianego surowca. Pancerz kryla, silnie zabarwiony przede wszystkim charakterystycznym barwnikiem z grupy karotenoidów — astaksantyną, zbudowany jest z substancji mineralnej — węglanu wapnia i chityny częściowo związanej z białkami. Dodatkowo w pancerzu występują lipidy o dużej zawartości fosfolipidów oraz pewna ilość lipoprotein. Barwnik jest częściowo rozpuszczony w lipidach kryla, a częściowo występuje w postaci karotenoidoprotein. Dodatkowo pancerz posiada bardzo delikatną strukturę, co sugeruje stosowanie delikatnych i zachowawczych warunków procesu technologicznego.

W literaturze dotychczas brak jest doniesień na temat tak potraktowanego przerobu pancerzy kryla. C. Anderson, N. de Pablo, C. Romo (Uniwersytet w Santiago, Chile) [2] do laboratoryjnego sposobu izolacji chityny z pancerzy kryla antarktycznego użyli 3,5% roztworu NaOH (w temperaturze ok. 90—95°C w stosunku ciało stałe : ciecz jako 1:10 i czasie 2 godz.) oraz 0,6 N roztworu HCl (w temperaturze otoczenia, w stosunku 1:11 i czasie 2 godz.).

Jak podają autorzy otrzymana w ten sposób chityna była silnie zabarwiona, a lepkość chitosanu wytworzonego z niej klasyczną metodą Broussignaca była niewysoka.

5. POLSKA METODA POZYSKIWANIA CHITYNY Z PANCERZY KRYLA ANTARKTYCZNEGO

Prace nad technologią pozyskiwania chityny i chitosanu z kryla antarktycznego prowadzone w ramach kompleksowo pojętego wykorzystania kryla wykorzystywały odpady uzyskiwane przy realizacji technologii przetwarzania kryla na cele spożywcze i paszowe.

Próby na skalę techniczną opierały się głównie na surowym mrożonym pancerzu z kryla antarktycznego masowo otrzymywanym przy pro-

dukcji mączki paszowej z kryla o obniżonej zawartości pancerza. Surowiec taki, o jakości ocenianej jako odpowiednia dla przetwórstwa na chitynę, charakteryzował się zawartością suchej masy zwykle powyżej 30% i zawartością pancerza w suchej masie ok. 50%. Poszukując optymalnej koncepcji chemicznej przerobu pancerzy kryla starano się w sposób maksymalny zbliżyć do idei kompleksowego przerobu mając również na uwadze techniczne możliwości realizacji takiej koncepcji i założone na podstawie literatury oraz dostępnych próbek preparatów zagranicznych parametry jakościowe wyrobu, a mianowicie:

- sucha masa minimum 95%;
- zawartość popiołu — jak najniższa i nie wyższa niż 5%;
- barwa maksymalnie zbliżona do białej;
- lepkość standardowego, klarownego, jednorodnego roztworu chitosanu otrzymanego z danej chityny w standardowych warunkach — jak najwyższą.

Poszukiwania koncepcji zbliżonej do optymalnej prowadzono w trakcie prób na skalę laboratoryjną z równoległym prowadzeniem prób na skalę ćwierćtechniczną i w przypadku uzyskiwania pozytywnych rezultatów przeprowadzano dalsze próby na urządzeniach o skali przemysłowej. Przyjęty system pozwolił na wydatne skrócenie czasu niezbędnego do uruchomienia pilotowej produkcji nowego zarówno na rynku krajowym, jak i rynkach europejskich, wyrobu o unikalnych właściwościach. W trakcie prowadzonych prac wypróbowano szereg wariantów technologicznych wynikających z wzajemnej kombinacji przyjętych czterech procesów jednostkowych a mianowicie: odbiałczania, demineralizacji oraz dodatkowych: autoproteolizy rozmrażanego surowca i ekstrakcji polarnym rozpuszczalnikiem, oczywiście po uprzednim określeniu optymalnych parametrów technologicznych każdego z tych procesów. Założeniem podstawowym opracowywanej technologii pozyskiwania chityny było unikanie wszelkich drastycznych elementów (wysoka temperatura, wysokie stężenie odczynników chemicznych, długi czas ich działania) kiedy celem jest uzyskanie polimeru wysokocząsteczkowego.

W efekcie opracowano wariantową koncepcję chemiczną technologii a do prób rutynowych i pilotowej produkcji wybrano wariant przedstawiony poniżej. Wybór ten spowodowany był otrzymanymi uprzednio rezultatami prac, jakością przerabianego surowca, posiadanymi możliwościami technicznymi, względami ekonomicznymi oraz oczywiście jakością uzyskiwanych w ten sposób wyrobów. Opracowany proces technologiczny realizowano na linii zestawionej z maszyn i urządzeń o skali przemysłowej. Poszczególne procesy jednostkowe prowadzone były w zbiornikach o dużej pojemności, oddzielonych od siebie wirówkami dekantacyjnymi, względnie zestawami płuczącymi składającymi się z płuczki i wirówki. Stąd też proces ten nazwano procesem periodycznym uciążłonym. Opracowana i realizowana technologia przedstawiała się w skrócie następująco:

Do rozmrożonego surowca — pancerzy kryla antarktycznego dolewa się taką ilość ciepłej (ok. 30°C) wody, aby masa dawała się z łatwością pompować i gromadzić w zbiornikach gdzie w warunkach niskotemperaturowych (do 30°C), przy zachowaniu stałego mieszania następuje wodna ekstrakcja białek mechanicznie i na drodze proteolitycznej. Stąd też proces ten, którego czas trwania określono podając górną granicę, nazwano autoproteolizą.

Po odwirowaniu części stałych od cieczy i ponownym dolaniu wody w celu upłynnienia masy, co jest stałym elementem w operacjach transportowych przy tej technologii, następuje niskotemperaturowy proces demineralizacji w możliwie zachowawczych warunkach i po nim proces ekstrakcji lipidów octanem etylu, a po oddestylowaniu rozpuszczalnika z części stałych, proces deproteinizacji. Po ostatecznym wypłukaniu reagentów i ostatnim wirowaniu na dekanterze gotowy produkt suszy się w temperaturze do 100°C.

Tak ustawiony proces technologiczny pozwolił na uzyskanie w 1979 r. kilku ton chityny o jakości odpowiadającej przyjętym założeniom a także na możliwie maksymalne przybliżenie się do idei uprzednio omawianego kompleksowego przerobu, ponieważ poza zasadniczym produktem — chityną, możliwy jest odzysk tłuszczu o dużej zawartości barwników z grupy karotenoidów i innych substancji z wód odpadowych.

Ogromne, jak to przynajmniej wynika z badań literaturowych, możliwości wykorzystania chityny w różnych przemysłach są rozszerzone przez utworzenie prostej jej pochodnej — chitosanu, powstającego w wyniku alkalicznej reakcji deacetylacji chityny. Chitosan jest zbiorczą nazwą dla całego szeregu chityn o różnym stopniu deacetylacji. Jakość chitosanu, jego stopień deacetylacji i masa cząsteczkowa (stopień polimeryzacji), a więc własności użytkowe, zależą od warunków technologicznego procesu otrzymywania chityny, od warunków prowadzenia jej deacetylacji, a także od gatunku i stanu surowca wyjściowego (podstawowego) — w tym wypadku świeżych, względnie surowych mrożonych pancerzy z kryla antarktycznego. Stąd też bardzo ważnym elementem wpływającym na jakość chitosanu jest technologia otrzymywania chityny.

W trakcie prac laboratoryjnych nad technologią deacetylacji chityny z kryla sprawdzono szereg parametrów samej reakcji deacetylacji i czynników wpływających na prawidłowość dokonywanych oznaczeń.

Poznanie, nawet zgrubnie, parametrów i mechanizmu reakcji pozwoliło na sprawne zrealizowanie procesu w skali ćwierć- i półtechnicznej a następnie na otrzymanie tego produktu na urządzeniach o skali przemysłowej.

Zasadniczym elementem jest reaktor zaopatrzony w mieszadło, płaszcz grzejny i chłodnię zwrotną. Po założonym czasie reakcji (powyżej 15 minut) i w założonej temperaturze co najmniej 90°C (oba te parametry decydują o jakości chitosanu i służą do sterowanego kierowania reakcją) masę poreakcyjną sący się na nuczy próżniowej, płucze do odczynu neutralnego, wiruje na dekanterze i suszy w zachowawczych warunkach (poniżej 105°C).

Prowadząc próby na tak zestawionej, eksperymentalnej linii wyprodukowano kilkaset kilogramów chitosanu o dobrej jakości. Zebrane w trakcie powyższych prac dane pozwalają na stwierdzenie prawidłowości dobranych parametrów technologicznych przerobu odpadów krylowych na cenne i nowe produkty. Dane te służyć mogą również do prac nad dalszą optymalizacją przemysłowej linii technologicznej, czy stanowić mogą podstawę do projektowania nowych linii technologicznych o różnej skali.

W trakcie badań i opracowywania są dalsze prace zmierzające do znalezienia optymalnej technologii przerobu innych odpadów z kryla na chitynę, np. przerobu pancerza suszonego, względnie prace nad metodą otrzymania chitosanu z kryla z pominięciem izolacji chityny. W trakcie prac na skalę techniczną uzyskano następujące rezultaty:

1) wydajność (odzysk) chityny (suchej handlowej) w stosunku do pancerza mrożonego o zawartości suchej masy 30% a w tym zawartości pancerza 50% wynosi ok. 4,6% co stanowi 85% wydajności preparatywnej, laboratoryjnej,

2) wydajność procesu otrzymywania chitosanu suchego handlowego z chityny handlowej wynosi ok. 70%.

6. WŁASNOŚCI I ZASTOSOWANIE CHITYNY Z KRYLA

Własności chityny i chitosanu jako związków organicznych są szeroko i dokładnie opisane w literaturze. Produkty z różnych źródeł mogą różnić się między sobą jedynie wyglądem zewnętrznym i wynikami oznaczeń analitycznych, a co z tego wynika — mogą być mniej lub bardziej przydatne do pewnych specyficznych zastosowań.

Chityna z kryla w porównaniu z chityną z krabów charakteryzuje się o wiele większą porowatością, mniejszym ciężarem usypowym i delikatniejszą strukturą. Oznaczenie stopnia deacetylacji, suchej masy, popiołu, odporności termicznej i masy cząsteczkowej zwykle wystarcza do scharakteryzowania produktu. Bardzo prostą, pośrednią metodą oznaczania jakości chityny jest oznaczenie lepkości standardowego roztworu najprostszej jej pochodnej — chitozanu, otrzymanego również w standardowych warunkach.

Jako produkt handlowy chityna z kryla otrzymana omawianą metodą jest substancją suchą o postaci drobnych płatków, barwie od białej poprzez jasnoróżową do jasnokremowej. Sucha masa wynosi co najmniej 95%, a zawartość popiołu w zależności od gatunku wyrobu wynosi od 0,6 do 5%, przeważnie nie więcej niż 3%. Chitosan z pancerzy kryla posiada zewnętrzną postać zbliżoną do chityny z tym, że barwa jego jest jaśniejsza od barwy wyjściowej chityny. Sucha masa wynosi również co najmniej 95%, a zawartość popiołu z reguły nie przekracza 1%. Roztwory w 5% kwasie octowym są klarowne i bezbarwne a lepkość 1% roztworu w zależności od klasy wyrobu osiąga 10 000 cP lub więcej (mierzona wiskozymetrem Hoepplera) i może być dowolnie uzyskana w granicach od kilkunastu do kilkunastu tysięcy cP — w zależności od założeń technologicznych i przeznaczenia.

Porównanie chityny i chitosanu, otrzymanych według technologii opisanej powyżej, z wyrobami zagranicznymi wskazuje na co najmniej równą jakość w stosunku do produktów zagranicznych, a nawet niekiedy w niektórych elementach daje pewną przewagę produktom polskim.

7. OCENA PERSPEKTYW DALSZEGO ROZWOJU

W trakcie realizacji programu krylowego w Polsce, w miarę postępu prac technologicznych okazało się konieczne zagospodarowanie powstających odpadów chitynowych. Przeznaczając ok. 80% poławianej masy kryla do celów paszowych należy przyjąć, że przy produkcji mączki nisko-chitynowej pozostanie ok. 10% odpadu pancerza chitynowego stanowiąc ok. 8% poławianej masy kryla. Przyjmując natomiast wykorzystanie 20% poławianej masy na cele spożywcze oceniamy, że powstanie tam dalsze 4% poławianej masy w formie odpadu. Podsumowując realia tech-

nologiczne należy liczyć się z powstawaniem odpadu pancerza chitynowego w ilościach 10—12% w stosunku do poławianej masy. Podstawowym i perspektywicznie uzasadnionym sposobem pozyskiwania surowca byłby, w przypadku podjęcia odpowiednich decyzji gospodarczych o eksploatacji kryla przez polskie rybołówstwo, transport odpadów chitynowych z rejonów połowów (Antarktydy). W zakładanej koncepcji przetwórstwa kryla na polskich statkach-przetwórnich, będzie powstawać 10—12% poławianej masy kryla w formie odpadu chitynowego. Odpad taki w postaci zamrożonych bloków lub postaci wysuszonej i składowanej w statkowej ładowni mączki byłby transportowany do kraju. Przyjmując dzienny połów statku na 50 t kryla należy spodziewać się ok. 5 t odpadu chitynowego o zawartości suchej masy powyżej 30% (w tym 50% pancerza) dający w końcowym efekcie ok. 250 kg chityny.

Warunkiem niezbędnym utrzymania się Polski w czołowie państw potencjalnych eksploatatorów kryla jest zachowanie ciągłego kontaktu z problemem poprzez podjęcie chociażby ograniczonych ale systematycznych połowów kryla. Działalność taka mogłaby się opierać o połowy statków poławiających ryby w rejonie Antarktydy w okresach kiedy znacznie spadają wydajności połowowe a w bliskim zasięgu statków pozostają bogate łowiska krylowe. Takie połowy kryla traktowane jako towarzyszące połowom ryb można wykorzystać do utrzymania kontaktu z problemem i eksportu produktów krylowych (do czasu uzyskania odpowiednich decyzji w kraju) oraz pozyskania niezbędnych ilości odpadów chitynowych do produkcji chityny w kraju.

Proponowane rozwiązanie gwarantuje możliwość pełnej reaktywacji eksploatacji kryla, gdyby w przyszłości okazało się, że podjęcie przez Polskę eksploatacji kryla byłoby gospodarczo uzasadnione. Problem możliwości podjęcia takiej eksploatacji kryla w aktualnych warunkach polskiego rybołówstwa dalekomorskiego powinien być dogłębnie rozważony.

Interesującym rozwiązaniem z ekonomicznego punktu byłoby umiejscowienie przetwórstwa kryla w oparciu o Grytviken na wyspie Souht Georgia, w Port Stanley na Falklandach przy współpracy z Wielką Brytanią czy w innym miejscu w pobliżu zasobów. Relacje ekonomiczne użytkowania chityny w takich warunkach byłyby dużo korzystniejsze. Podobny wariant mogłoby stanowić założenie polskiej oferty na kompleksowe przetwórstwo takich zasobów morza jak np. czerwony krab (Red crab) u wybrzeży Meksyku — między innymi na chitynę.

Podane rozważania są przedmiotem prac prowadzonych w Morskim Instytucie Rybackim w Gdyni.

Chityna jest drugim pod względem ilości po celulozie naturalnym polimerem występującym w przyrodzie, jednak występuje w olbrzymim rozproszeniu. Szansa zgromadzenia jej w masę stwarzającą możliwość przemysłowej eksploatacji powinna zostać bezwzględnie wykorzystana. Taką szansę stwarza przemysłowy lub ograniczony połów kryla.

Wprowadzenie chityny do etapu przemysłowego wykorzystania stwarza pewne trudności. Potencjalne nieograniczone możliwości jej wykorzystania, na przykład w farmacji, medycynie, przemyśle kosmetycznym, nuklearnym i innych, ciągle jeszcze pozostają w Polsce na etapie badań, z których dopiero część zakończyła się obiecującymi rezultatami. Chityna jest produktem nowym dla przemysłu w wielu krajach świata, w tym również i dla przemysłów jej aktualnych producentów, tj. USA i Japonii. Szeroko rozwinięta działalność rozpoznawcza rynku krajowego w 1980 r. spowodowała dość szerokie zainteresowanie tymi produktami

w wielu instytucjach naukowych i placówkach badawczych przemysłu. Należy spodziewać się, że w wyniku rozpoczętych prac badawczych i rozwojowych powstaną konkretne oferty na wykorzystanie chityny/chitozanu w gospodarce krajowej. Niewątpliwie rozwijać się będzie dalej w Polsce nauka o chitynie, natomiast rozwój produkcji uzależniony jest głównie od opłacalności połowów kryla. Niemniej uważa się, że w przyszłości kryl występujący jako poważne źródło białka i towarzyszących mu innych składników (w tym chityny) będzie musiał być jeśli nie przez Polskę to przez gospodarkę światową wykorzystany, a wówczas nie do pominięcia będzie zagadnienie otrzymywania z niego również chityny.

Reasumując jedynie część technologiczną poprzednio omawianych zagadnień należy stwierdzić, że zebrane dane o procesie technologicznym oraz nabyte doświadczenie przy jego prowadzeniu na skalę przemysłową upoważniają do zajęcia stanowiska, że możliwe jest w chwili obecnej podjęcie produkcji chityny i chitozanu w zakresie ograniczonym warunkami technicznymi omawianej, nieoptymalnej z konieczności, linii produkcyjnej. Niemniej w aktualnej sytuacji wydaje się również słuszne, że można i należy w dalszym ciągu prowadzić prace nad dalszym rozwojem technologii, w celu utrzymania trzeciej, po Japonii i USA, pozycji wśród światowych producentów chityny i chitozanu jako jej potencjalny wytwórca optymalizując, modernizując i upraszczając technologię. Skupić się tu należy na zagadnieniach:

— skrócenia lub ominięcia ekstrakcji rozpuszczalnikami organicznymi;

— optymalizacji przygotowania surowca (pancerza);

— optymalizacji technologii otrzymywania chitosanu bezpośrednio z pancerzy suszonych;

— technologii produkcji chityny i chitosanu, z zastosowaniem kwasu fosforowego;

— uciąglenia procesu technologicznego;

— dalszego uściślenia metod sterowania reakcją deacetylacji chityny (w oparciu o posiadany zapas).

Powstałe przy okazji wyżej wymienionych prac próbki służyłyby do podtrzymania zainicjowanej w poprzednim okresie akcji rozpoznawczej rynku krajowego i zagranicznego, a także do utrzymania kontynuowanych prac badawczo-wdrożeniowych i aplikacyjnych.

LITERATURA

- [1] Allan G. G., Fox J. R., Kong N. — *A critical evaluation of the potential sources of chitin and chitosan* — Proceedings of the first international conference on chitin/chitosan, MIT Sea Grant Report, Boston, 64—78, 1978.
- [2] Anderson C. G., de Pablo N., Romo C. R. — *Antarctic Krill (Euphausia Superba) as a source of chitin and chitosan* — Proceedings of the first international conference on chitin/chitosan, MIT Sea Grant Rep., Boston, 54—64, 1978.
- [3] Brzeski M. M. — *Chityna — nowy produkt z surowców pochodzenia morskiego*, Technika i Gospodarka Morska, 1, 26—27, 1980.
- [4] Foster A. B., Hackman R. H. — *Application of ethylenediamine tetraacetic acid in the isolation of crustacean chitin*. Nature 180, 40—41, 1957.

- [5] Hackman R. H. — *Chitin. 1. Enzymic degradation of chitin and Chitin esters*. Austr. J. Biol. Sci., 7, 168—178, 1954.
- [6] Horowitz S. T., Roseman S., Blumenthal H. J. — *Preparation of glucosamine digosaccharides 1. Separation*, J. Am. Chem. Soc., 79, 5046—5049, 1957.
- [7] Muzzarelli R. A. A. — *Natural Chelating polymers* — Pergamon Press, 254 pp., 1973.
- [8] Muzzarelli R. A. A. — *Chitin* — Pergamon Press, 305 pp., 1977.
- [9] Subramanian V. — *The role of chitin and other organics in the transport of metals to the world's oceans* — Proceedings of the first international conference on chitin/chitosan, MIT Sea Grant Report, Boston, 288—294, 1978.
- [10] Takeda M., Abe E. — *Isolation of crustacean chitin. Decalcification by disodium ethylenediaminetetraacetate and enzymic hydrolysis of incidental proteins*. Norisho Suisan Kpshusho Kenkyu Hokoku, 11, 339—406, 1962.
- [11] Trojanowski J. — *Przemiany substancji organicznych w glebie* — Warszawa, 24, 1973.
- [12] Whistler R. S., BeMiller J. N. — *Chitin*. J. Org. Chem. 27, 1161—1163, 1962.

FRANCISZEK GÓRSKI

Instytut Biologii
Molekularnej UJ

ENTROPIA ŻYWEGO ORGANIZMU

I. ENTROPIA

Szereg lat entropia była ważnym pojęciem naukowym w fizyce, chemii i technologii. Obecnie ta sytuacja uległa zmianie o tyle, że entropia wkroczyła również do innych nauk, między innymi do biologii. Z punktu widzenia entropii przedmiotem badań stały się nie tylko procesy fizyczne i chemiczne zachodzące w żywych ustrojach, ale ponadto organizm jako pewna całość strukturalna i funkcyjna.

Jednak zanim przejdziemy do przeglądu problematyki biologicznej skojarzonej z entropią, wskazany jest przypomnieć na czym ta wielkość polega. Entropia należy do tych nielicznych pojęć, które można określić na dwa czy nawet więcej sposobów. Dla biologii za najodpowiedniejszą należy uważać definicję, w myśl której entropia jest miarą chaosu panującego w danym układzie. Nie zdajemy sobie należycie sprawy z tego, że jesteśmy otoczeni nie tylko materią i energią, ale ponadto porządkiem i jego przeciwieństwem, tj. nieporządkiem, krócej chaosem. Na dwu przykładach wyjaśnimy co należy rozumieć przez to twierdzenie.

W kryształach atomy wchodzące w jego skład są rozmieszczone w przestrzeni w sposób wysoce regularny. Są one umiejscowione na płaszczyznach równoodległych i równoległych, a ich rozstawienie na każdej płaszczyźnie jest również niezwykle regularne. Kryształy są zatem układami o bardzo wysokim poziomie uporządkowania.

Natomiast gaz zamknięty w pewnej przestrzeni jest przykładem układu bardzo chaotycznego. Jego atomy czy drobiny poruszają się w zasadzie po liniach prostych; jednak zarówno ich kierunki ruchu, jak i szybkości stale ulegają zmianom na skutek wzajemnych zderzeń. Zachodzą one bardzo często; wyszacowano, że przy 25°C i $p=1$ atm dla jednej drobiny są one rzędu 8×10^9 , tj. 8 mld na sek. Zderzenia międzypowierzchniowe lub międzypowierzchniowe są głównym czynnikiem utrzymującym ogromny chaos w gazach.

Jednak teza, że kryształ jest układem w 100% uporządkowanym, a gaz w 100% chaotycznym, jest błędna. W kryształach bowiem obok porządku jest nieco chaosu, a w gazie obok chaosu nieco porządku. W kryształach chaos polega na tym, że jego atomy odchylają się stale, ale nieznacznie od pozycji równowagi na to, żeby do niej powrócić, odchylić się od niej w innym kierunku i znów do niej powrócić itd. Odchylenia, o których mowa, mają charakter chaotyczny i na tym właśnie polega chaos substancji stałych krystalicznych lub mikrokryształicznych.

Natomiast w gazie można się doszukać śladów porządku. Takim jest identyczność wszystkich atomów rozpatrywanego gazu lub drobin, o ile

gaz jest złożony z drobin o dwu lub więcej atomach, np. H_2 , CO_2 , CH_4 . Ponadto z ruchem atomów czy drobin gazu jest kojarzona energia mechaniczna. W stałych warunkach temperatury i ciśnienia globalna energia gazu jest wielkością stałą; w tym należy również widzieć objaw porządku w gazach.

Ciecze zajmują pośrednią pozycję między substancjami stałymi a gazami; zawierają one mniej chaosu niż gazy, a znacznie więcej niż substancje stałe.

Żywy organizm, choć z reguły jego zawartość wody wynosi 60 i więcej procent, należy raczej uważać za układ zbliżony do substancji stałej. Ścisłej należałoby stwierdzić, że organizm jest strukturą zawieszoną w środowisku płynnym (w wodzie).

Od dawna wiadomo, że dwa czynniki modyfikują ilość chaosu w układach fizycznych; są to:

a) temperautra: im ona jest wyższa tym dany układ posiada więcej chaosu,

b) ogrzanie układu, czyli doprowadzenie do niego energii w formie ciepła. Jest to konsekwencją punktu poprzedniego: z reguły ogrzanie układu zwiększa jego temperaturę, tym samym zwiększa jego chaos. Znane są jednak wyjątki od tej reguły: doprowadzenie energii cieplnej do substancji stałej w punkcie jej topliwości nie podnosi jej temperatury, ale powoduje jej przejście w ciecz (stopienie), czyli zmianę stanu skupienia o mniejszym chaosie do stanu o chaosie większym. Analogiczna jest sytuacja w punkcie wrzenia cieczy; zachodzi zmiana stanu skupienia ze stanu ciekłego do gazowego i znaczny przyrost chaosu.

Powyższe uniwersalnie ważne zależności ilościowe chaosu od temperatury i energii cieplnej były powodem, który skłonił fizyków do oparcia miary chaosu zawartego w układzie na temperaturze T i na ciepłe doprowadzonym do niego w ilości ΔQ . Pierwszy czynnik odpada jako miara chaosu, ponieważ temperatura jest wielkością intensywną określającą stan układu, a chaos jest wielkością ekstensywną proporcjonalną do jego rozmiarów.

Natomiast energia jest wielkością ekstensywną i z tego powodu można by próbować oprzeć pomiar ilościowy chaosu na ΔQ , czyli ilości ciepła doprowadzonego do układu. Jednak ten pomysł należy odrzucić; ciepło jest energią i nie można jej identyfikować z chaosem; Jednostka energii np. erg czy dżul nie może równocześnie pełnić funkcji miernika energii i chaosu.

Znajdujemy się zatem w szczególnej sytuacji; z jednej strony jest niezaprzeczalne, że temperatura i energia cieplna są czynnikami „chaosotwórczymi”, ale z drugiej strony okazuje się, że żadna z tych wielkości nie nadaje się do pełnienia funkcji miernika chaosu. Wyjście z tej trudności polega na skombinowaniu obu wielkości, o których mowa. Problem, który się tu nasuwa, streszcza się w pytaniu jak skombinować T i ΔQ . Takie wyrażenia jak $T + \Delta Q$ (albo $T - \Delta Q$) odpadają, ponieważ dodawać do siebie można jedynie wielkości tego samego rodzaju (nie ma np. sensu fizycznego suma 1 kg wody + 1 godz.). Z prostych kombinacji pozostają trzy: $T \cdot \Delta Q$, $\Delta Q/T$ i $T/\Delta Q$. Z nich pierwsza odpada, ponieważ nie można przypisać sensu fizycznego iloczynowi temperatury i ciepła. Natomiast w monografiach termodynamicznych udowadnia się, że iloraz, w którym dQ oznacza bardzo małą ilość ciepła, jest miarą przyrostu dS entropii zachodzącego w temperaturze T :

$$dS = dQ/T$$

dQ musi być bardzo małą ilością ciepła — tak małą, żeby jej doprowadzenie do układu (o skończonych wymiarach) nie podniosło jego stałej temperatury T w dostrzegalnej mierze.

W sposób mało ścisły, ale prosty można uzasadnić powyższy wzór jak następuje: Przedmiotem naszej uwagi są dwa identyczne układy, np. dwa mole gazu w identycznych warunkach z wyjątkiem temperatury: jest ona (T_1) niższa w układzie pierwszym, a wyższa (T_2) w drugim ($T_2 > T_1$). Jeżeli różnica temperatur jest duża, np. 100°C , to układ drugi zawiera znacznie więcej chaosu niż pierwszy. Do każdego układu doprowadzamy z odpowiednich źródeł dokładnie tę samą nieznaczną ilość ciepła dQ . Ta operacja zwiększa chaos układów, jednak jego przyrost w układzie drugim jest nieznacznym w stosunku do dużych ilości chaosu zawartych w tym układzie; natomiast w układzie pierwszym, o mniejszej ilości chaosu, przyrost jest wielkością dostrzegalną. Ponieważ jedyną różnicą między układami jest temperatura, należy stąd wyciągnąć wniosek, że im jest ona wyższa, tym mniejszy wpływ na chaos wywiera doprowadzenie ciepła dQ do układu. Stąd wynika dalszy wniosek, że iloraz $dQ/T = dS$ jest miarą przyrostu chaosu i matematyczną definicją entropii.

Jeżeli proces przebiega w stałej temperaturze — jak to np. zachodzi podczas topnienia substancji stałej — to ilości ciepła dostarczonego układowi stają się skończone ($=\Delta Q$), wtedy i przyrost entropii z bardzo małego przechodzi w skończony; wyraża to wzór:

$$\Delta S = \Delta Q/T \quad (2)$$

Doniosłe znaczenie jakie posiada wzór (1) polega na wnioskach, które można z niego wyprowadzić.

a) Na wzorze (1) opiera się definicja jednostki entropii w znaczeniu jednostki miary chaosu. Jest nią ilość ciepła wyrażona w dżulach lub kaloriach przypadająca na 1 stopień termiczny (1°K). Na przykład wiadomo, że stopienie 1 mola fosforu białego przy $44,2^\circ\text{C} = 317,4^\circ\text{K}$ wymaga doprowadzenia do niego ciepła w ilości 2,51 kJ lub 600 kal. wtedy:

$$\Delta S = \frac{2510}{317,4} = 7,91 \text{ jedn. SI, albo } \Delta S = \frac{600}{317,4} = 1,89 \text{ jedn. (cal/}1^\circ\text{K)}$$

b) Inne ważne znaczenie wzoru (1) polega na tym, że na nim opiera się skomplikowana metoda kalorymetryczna obliczania tzw. entropii standardowych pierwiastków i związków chemicznych mineralnych i organicznych. Przez entropię standardową rozumie się entropię pierwiastka lub związku chemicznego w ilości 1 mola przy 25°C i pod ciśnieniem 1 atmosfery fizycznej. Tabela I zawiera entropie standardowe kilku pierwiastków i związków biologicznie ważnych.

Tabela 1

Entropie standardowe (cal/ 1°K) biologicznie ważnych pierwiastków i 2 związków

C ¹	1,361	S	7,62	Jod	27,9
H ₂	31,210	Na	12,2	Fe	6,49
O ₂	49,003	K	15,2	H ₂ O(g)	45,105
N ₂	45,767	Ca	9,95	H ₂ O(l)	16,716
P	10,6	Mg	7,77	CO ₂ (g)	51,061

¹ Grafit.

c) Entropia układu obliczona za pomocą entropii standardowych nosi nazwę entropii termodynamicznej. Na przykład entropia 5 moli tlenu przy 25°C i pod ciśnieniem 1 atm. wynosi $S(\text{term.}) = 5 \times 49,0 = 245$ jedn. ($\text{cal}/1^{\circ}\text{K}$). Jeżeli temperatura i ciśnienie gazu odbiegają od 25°C i 1 atm. to wprowadza się do zasadniczej wartości korekty obliczone ze wzorów, których przytaczać nie będziemy¹.

II. ENTROPIA TERMODYNAMICZNA ORGANIZMU

Z punktu c) ut supra wynika, że naszym pierwszym zadaniem jest obliczenie entropii termodynamicznej ustroju żywego (symbol S_t). Niestety okazuje się, że zastosowanie klasycznej metody kalorymetrycznej natrafia na takie trudności jak na ogół duże rozmiary zwierząt i roślin i na ich zawartość wodną. Z tego powodu koniecznością staje się opracowanie metod pośrednich dla pomiaru S_t .

Jedna z nich — w zasadzie bardzo prosta — opiera się na poniższym rozumowaniu: niech M i m oznaczają odpowiednio świeżą i suchą masę organizmu: wtedy różnica $w = M - m$ jest jego zawartością wody, a obliczenie jej entropii S_w nie sprawia trudności. Przez S_M oznaczmy entropię ilości wody, której masa równa się świeżej masie organizmu; jest to zatem entropia wody w ilości M , również łatwa do obliczenia. Oczywiście $S_M > S_w$ — ponieważ $M > w$. Twierdzimy, że entropia termodynamiczna S_t świeżej masy organizmu jest zawarta w granicach S_w i S_M :

$$S_w < S_t < S_M$$

W samej rzeczy entropia substancji organicznej w świeżej masie, z racji swego stanu skupienia, jest mniejsza od równoważnej ilości wody: S_t jest większe od S_w , a mniejsze od S_M .

Im większy jest udział procentowy wody w ustroju, tym ciśniejsze są granice S_w i S_M . W organizmach niższych zawartość wody w świeżej masie jest rzędu 85—90%. Przyjmując jako wartość entropii organizmu średnią

$$S_m = \frac{S_M + S_w}{2} = S_t \quad (3)$$

otrzymamy przybliżoną wartość tej entropii, tj. S_t . Małą dokładność obliczenia pomniejsza jeszcze pominięcie wpływu jaki na entropię S_w wody w organizmie wywiera związanie pewnej jej ilości przez koloidy komórkowe, głównie białka. Związanie wody przez obniżenie jej ruchliwości i swobody wykonywania chaotycznych ruchów sprawia, że entropia S_w ma w rzeczywistości wartość mniejszą od obliczonej. Niestety brak dokładniejszych danych o ilości i entropii wody związanej koloidalnie w komórkach uniemożliwia wprowadzenie odpowiednich poprawek do wyniku obliczeń.

Tytułem przykładu zastosowania wzoru (3) wyszacujemy entropię termodynamiczną ustroju ludzkiego. Wiadomo, że w człowieku o wadze

¹ W spisie „Literatura” na końcu artykułu umieściliśmy tytuły kilku podręczników termodynamiki nie zanadto obszernych i przystępnie zredagowanych [1, 2, 9, 20, 23, 25]; tytuły monografii na temat entropii [3, 4, 5, 6] i cenny dla biochemików i biofizyków *Poradnik Fizyko-Chemiczny* [21].

70 kg znajduje się średnio 46,2 kg wody (=66%). Łatwo obliczyć, że entropia 1 kg wody = $55,51 \times 16,7 = 927$ jedn. (cal/1°K). 55,5 = liczba moli wody w 1 kg; 16,7 jedn. = entropia 1 mola wody.

Stąd wynika:

$$S_M = 927 \times 70 = 64\,890 \text{ jedn.}$$

$$S_w = 927 \times 46,2 = 42\,827 \text{ jedn.}$$

$$\text{Średnia} = 53\,858 \text{ jedn.}$$

Entropia ustroju ludzkiego jest zatem rzędu 50 000 jedn. dawniejszych, a

$$5 \times 10^4 \times 4,1868 = 20,934 \times 10^4 \approx 21 \times 10^4 \text{ jednostek SI}$$

Wspomnimy jedynie, że inne metody pośrednie dla opracowania wzorów na entropię S_t wykorzystują z jednej strony wyniki analiz składu pierwiastkowego organizmu oraz znajomość średnich wartości entropii związków w jego skład wchodzących. Nie wchodzimy w szczegóły tych metod, ponieważ współczesne dane biochemiczne i biofizyczne są zbyt szczupłe, żeby pozwolić na uzyskanie dokładniejszych wyników.

Ponadto nieco inny problem streszcza się w pytaniu czy entropia S_t żywego organizmu różni się od entropii tegoż organizmu zaraz po zgonie. Fakt, że po zgonie nie zachodzą większe strukturalne zmiany sugeruje, że

$$S_t (\text{in vivo}) = S_t (\text{post mortem})$$

Z drugiej jednak strony nie jest wykluczonym, że „żywy” stan materii jest stanem szczególnym wymagającym dla swego utrzymania się stałego dopływu energii i że ten stan różni się nieco od stanu strukturalnego organizmu po zgonie. Wtedy i powyższa równość nie byłaby dokładnie spełniona.

Jeszcze innym problemem jest wartość entropii S_t ustroju w temperaturze zera bezwzględnego. W myśl bowiem III zasady termodynamiki entropia substancji krystalicznej jest zerowa przy 0°K. Tymczasem na organizm należy się zapatrywać jak na układ uporządkowany z punktu widzenia biologicznego, ale pozbawiony porządku periodycznego substancji krystalicznych. Stąd z kolei należy wyciągnąć wniosek, że przy 0°K entropia organizmu ma wartość różną od zera. Jest to przypuszczenie, które możnaby sprawdzić na organizmach małych rozmiarów za pomocą metody kalorymetrycznej pomiarów entropii. O ile nam wiadomo nigdy tego rodzaju badań nie podejmowano.

Okazuje się zatem, że na opracowanie czeka nawet tak prosty — zdawałoby się — problem jak wyszukanie metod dla uzyskania dokładnych danych o entropii termodynamicznej ustrojów żywych.

III. ENTROPIA ONTOGENEZY

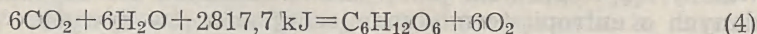
Zasadniczą własnością ustrojów żywych jest ich zdolność do wzrostu i rozwoju. Tych dwu terminów często używa się jako synonimów, choć niewątpliwie istnieje pewna różnica w ich znaczeniach. Zazwyczaj przez wzrost rozumiemy powiększanie się rozmiarów organizmu; jest ono wynikiem albo powiększania się liczby jego komórek, albo wydłużania się ich rozmiarów (tzw. elongacja), albo kombinacji obu tych procesów. Natomiast pojęcie rozwoju implikuje przybieranie przez rosnący orga-

nizm określonego kształtu zewnętrznego i wewnętrznej budowy, czyli anatomii. Wskazane jest procesy wzrostu i rozwoju objąć terminem ontogenezy (od greckich słów *ontos* = być i *genesis* = powstanie). Ontogeneza jest zatem procesem polegającym na „stawianiu” się nowego osobnika, zakończonego wykształceniem osobnika dojrzałego (dorosłego).

Z reguły punktem wyjścia ontogenezy zwierzęcia czy rośliny jest zygota; jednak u wielu organizmów niższych np. pleśni z rodzaju *Aspergillus* rozmnażanie odbywa się na drodze wegetatywnej przez wykształcenie licznych jednokomórkowych zarodników, które prądy atmosferyczne lub wodne rozsiewają w przestrzeni.

Nie ma potrzeby szeroko uzasadniać, że pomiędzy rozwijającym się organizmem a jego otoczeniem stale zachodzi intensywna wymiana materii i energii. Pod tym względem jednak pojawia się zasadnicza różnica między światem zwierzęcym a roślinnym, ściślej roślin samożywnych. Przypomnijmy, że ustrój zwierzęcy utrzymuje się przy życiu przez pobieranie z otoczenia pożywienia roślinnego lub zwierzęcego. Ponadto również kosztem otoczenia zaopatruje się on w wodę wraz z rozpuszczonymi w niej substancjami mineralnymi. Do wymiany materii organizm/otoczenie należy również proces oddechowy; jednym z jego etapów jest pobieranie przez płuca tlenu atmosferycznego, a drugim wydzielanie z płuc dwutlenku węgla do otoczenia: wymiana gazowa CO_2/O_2 . Jednak, jak wiadomo, zasadniczą funkcją oddychania nie jest wymiana O_2/CO_2 , lecz dostarczanie energii na drodze utleniania związków organicznych pożywienia kosztem tlenu atmosferycznego. Związki te są zasobne w energię w tym znaczeniu, że utlenione na wodę i CO_2 uwalniają znaczne ilości energii. Częściowo ta energia ulega zamianie na chemiczną, niezbędną dla dokonania skomplikowanych syntez licznych związków organicznych, które wchodzą w skład komórek, tkanek i organów ustroju. Częściowo jest ona zamieniana na energię mechaniczną używaną przez zwierzęta dla dokonywania ruchów. W zwierzętach wyższych (ssaki i ptaki) energia pochodzenia oddechowego ulega zamianie na ciepło niezbędne dla utrzymania temperatury T ciała na poziomie wyższym od temperatury otoczenia.

W roślinach z barwnikami asymilacyjnymi (rośliny zielone, brunatnice i krasnorosty) ważnym źródłem energii jest promieniowanie słoneczne, poprawniej promieniowanie elektromagnetyczne emitowane przez słońce. W chloroplastach ta energia jest częściowo pochłaniana i obrócona na dokonanie syntezy heksoz (glukozy, fruktozy) z dwutlenku węgla i wody zgodnie z równaniem



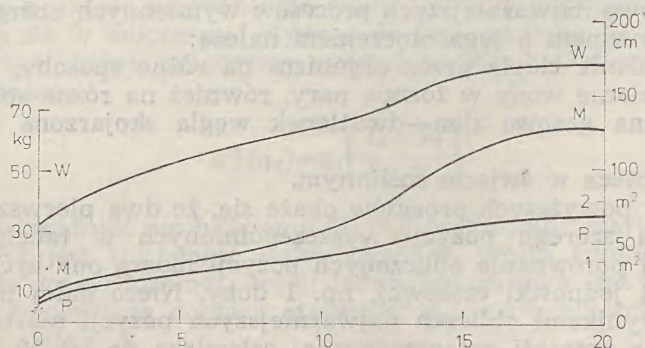
2817,7 kJ to jest ilość energii niezbędnej dla syntezy 1 mola (=180 g) heksozy (2817,7 kJ = 673 kcal). Z kolei heksozy są związkami wyjściowymi wszystkich innych związków organicznych, również azot zawierających, a znanych z tego, że wchodzą w skład ustrojów żywych.

Należy jeszcze zaznaczyć, że energia promieniowania słonecznego jest wykorzystywana jedynie w procesie fotosyntezy dla wytwarzania heksoz z CO_2 i wody. Natomiast normalnym źródłem energii nie tylko w ustrojach zwierzęcych, ale również i roślinnych jest oddychanie. Proces ten, który sumarycznie rzecz biorąc jest odwróceniem fotosyntezy, nie jest jej dokładnym odwróceniem, ponieważ kolejne etapy obu tych procesów są zupełnie inne.

Z tą na wielką skalę i nieprzerwanie zachodzącą wymianą materii i energii są skojarzone przyrosty — dodatnie lub ujemne — entropii. Razem składają się one na drugą zasadniczą pozycję w zakresie entropii świata ożywionego, mianowicie na entropię ontogenezy. W dalszym ciągu będzie nas interesować głównie, choć nie wyłącznie, entropia ontogenetyczna okresu od chwili wyjściowej, np. chwili urodzenia się zwierzęcia, do osiągnięcia stanu dojrzałości. Na przykład u konia okres ten liczy nieco ponad trzy lata.

Różnorodność wymiany materii i energii między organizmem a otoczeniem, a przede wszystkim sama ontogeneza sprawiają, że obliczenie entropii ontogenetycznej staje się operacją bardzo skomplikowaną i żmudną, a ponadto wymagającą znajomości wielu danych, którymi obecnie biologia często nie rozporządza.

Na przykład u człowieka główny okres ontogenezy obejmuje lata 0—20. W ciągu tego czasu masa (ciężar) organizmu i jego wzrost stale rosną (rys. 1) i jest oczywiste, że ilościowo wymiana materii i energii między organizmem a otoczeniem jest w 10 roku życia różna (mniejsza) od analogicznej wymiany w np. 16 roku życia. Otóż — ogólniej się wyrażając — fakt, że natężenie wymiany energii i materii, o której mowa, jest funkcją rosnącą wieku organizmu stanowi bardzo poważną trudność metodyczną przy ustalaniu entropii ontogenezy.



Rys. 1. Człowiek. Odcięte: lata 0—20 (0 = wiek zaraz po urodzeniu). W — wzrost (wysokość) w cm (skala na prawo); M — masa (ciężar) w kg (skala na lewo); P — powierzchnia w m² (skala na prawo). Powierzchnia obliczona ze wzoru DuBos (1916): $P = 71,84 \times (\text{masa})^{0,125} \times (\text{wysokość})^{0,725}$. Sigmoidalny kształt krzywych W, M i P nie powinien ująć naszej uwagi

Wyjście z tej trudności polega na tym, żeby podzielić czas ontogenezy na dostatecznie dużą liczbę n krótkich okresów czasowych Θ i dla każdego z nich za pomocą odpowiednich metod wykonać niezbędne pomiary celem uzyskania parcjalnych, to znaczy przypadających na dany okres Θ , entropii ontogenetycznej $\Delta S(p_j)$. Suma wszystkich $\Delta S(p_j)$ dla $j=1, 2, 3, \dots, n$ jest entropią ontogenezy organizmu od chwili urodzenia do czasu dorosłości.

Długość okresów Θ zależy przede wszystkim od czasu ontogenezy. U człowieka odpowiednim okresem Θ jest miesiąc. Na czas głównego etapu ontogenezy (20 lat) przypada 243,7 miesięcy. Wyniki pomiarów dokonanych 2—3 razy w ciągu miesiąca przelicza się na cały miesiąc (30

dni). Badacz rozporządza wtedy materiałem obejmującym 244 grup parcjalnych, co z kolei umożliwia obliczenie ontogenezy.

Okres Θ można też określić jako jednostkę czasową odniesienia dla przyrostów entropii. Dla organizmów o krótkiej ontogenezie często najodpowiedniejszą jednostką czasową okazuje się doba.

IV. ENTROPIA ONTOGENEZY — METODY

Opis metod opracowanych dla obliczania entropii ontogenetycznej poprzedzimy dwoma uwagami.

a) Powietrze określimy jako mieszaninę o stałym składzie azotu i tlenu + nieznaczne ilości CO_2 , i tzw. gazów szlachetnych (albo helowców) + ślady wodoru, CH_4 itp., a pominiemy parę wodną, mimo że jest zawsze obecna w powietrzu; jest jednak składnikiem o zmiennym stężeniu (od 0 do 4% na objętość), a to wyklucza dokładne ustalenie składu powietrza.

b) W dalszym ciągu pominiemy ilościowo drobne pozycje jak emisję światła przez Nieliczne gatunki organizmów niższych, albo pocenie się zwierząt i człowieka. Ponadto ograniczymy naszą analizę przede wszystkim do wyższych organizmów zwierzęcych, tj. ssaków i ptaków; uwzględnimy jednak w słabszym mierze świat roślinny.

Do ilościowo najważniejszych procesów wymiennych energii i materii między organizmem a jego otoczeniem należą:

- 1) wydzielanie ciepła przez organizm na różne sposoby,
- 2) wydzielanie wody w formie pary, również na różne sposoby,
- 3) wymiana gazowa tlen—dwutlenek węgla skojarzona z oddychaniem,
- 4) fotosynteza w świecie roślinnym.

Z analizy powyższych procesów okaże się, że dwa pierwsze wymagają obliczenia szeregu pozycji wyszczególnionych w tabeli 2. Celem umożliwienia porównania obliczonych pozycji muszą one być odniesione do tej samej jednostki czasowej, np. 1 doby. Nieco dalej przytaczamy tabelę 4 z wynikami obliczeń najważniejszych pozycji niezbędnych dla wyznaczania entropii ontogenetycznej człowieka do lat 20.

Tabela 2

Entropia ontogenezy — główne pozycje

1. Ciepło q_1 , które opuszcza organizm poprzez skórę; entropia tego procesu $\Delta S(q_1)$.
2. Ciepło stygnięcia q_2 pary wodnej opuszczającej organizm przez skórę; entropia $\Delta S(q_2)$.
3. Ciepło stygnięcia q_3 pary wodnej pochodzenia oddechowego; entropia $\Delta S(q_3)$.
4. Ciepło stygnięcia q_4 powietrza wydychanego przez płuca; entropia $\Delta S(q_4)$.
5. Ciepło q_5 dostarczone przez organizm na ogrzanie pary wodnej wciąganej do płuc; entropia $\Delta S(q_5)$.
6. Ciepło q_6 dostarczone przez organizm na ogrzanie powietrza wciąganego do płuc; entropia $\Delta S(q_6)$.
7. Rozpraszanie się w atmosferze pary wodnej opuszczającej organizm przez skórę; entropia ΔS (dyf. 1).
8. Rozpraszanie się w atmosferze pary wodnej pochodzenia oddechowego; entropia ΔS (dyf. 2).
9. Wymiana gazowa oddechowa O_2/CO_2 ; entropia ΔS (g).

W tabeli 2 suma pozycji 1+2+3+4 jest globalną ilością ciepła Q wydzieloną do otoczenia i możliwą do ustalenia na drodze kalorymetrycznej. Procesy 7 i 8 są procesami dyfuzyjnymi, czyli rozpraszania się materii (pary wodnej) w przestrzeni. Należy do nich również zaliczyć wymianę gazową O_2/CO_2 skojarzoną z oddychaniem.

Z tabeli okazuje się, że organizm wydziela ciepło do otoczenia na 4 sposoby:

a) Duże ilości ciepła uchodzą poprzez jego powierzchnię, czyli skórę. Jak wiadomo ssaki i ptaki posiadają urządzenia fizjologiczne utrzymujące ich temperatury na poziomach stałych wyższych o kilka lub więcej stopni termicznych od otoczenia: $37-38^\circ C$ u ssaków, $41^\circ C$ u ptaków. Z powodu tej różnicy temperatur ssaki i ptaki są narażone na stałą utratę ciepła przez skórę. Na drodze ewolucyjnej wykształciły one urządzenia, których celem jest zmniejszenie strat cieplnych poprzez swe powierzchnie. Należą do nich gruba skóra, np. u słonia, sierść np. u psa, wełna u owiec, gęste upierzenie u ptaków, gruba podskórna warstwa tłuszczu u wieloryba itp. Wszystko co wiemy o tych urządzeniach wskazuje, że bardzo skutecznie spełniają one swe zadania. Ponadto pełnią one funkcje urządzeń antyurazowych i antyewaporacyjnych, czyli chroniących ustrój przed nadmierną utratą wody w formie pary poprzez skórę (o czym więcej nieco dalej). Wyjątkiem jest człowiek, którego cienka skóra słabo chroni przed urazami, nadmierną stratą ciepła i ewaporacją.

Ciepło q_1 , które na jednostkę czasu opuszcza organizm poprzez skórę, rozprasza się w otoczeniu i stygnąc do jego poziomu T_0 powoduje przyrost entropii, który oznaczmy symbolem $\Delta S(q_1)$. Obliczyć go można za pomocą wzoru:

$$\Delta S(q_1) = q_1 \left[\frac{T_k - T_0}{T_k \cdot T_0} \right] \quad (5)$$

którego uzasadniać nie będziemy ($T_k = T$ organizmu); warunkiem jego zastosowania jest znajomość ilości ciepła q_1 często trudnej do ustalenia na drodze doświadczalnej. Jeżeli jednostką czasową jest doba, to T_0 jest średnią temperaturą dobową otoczenia; T_k jest wielkością, którą można uznać za stałą.

Przykład obliczenia. Z badań M. Kleibera wynika, że szczurzyca dorosła (5,9 kg) wydziela na dobę ciepło w ilości 2900 kalorii: temperatura zwierzęcia $37^\circ C$ ($=310^\circ K$), a otoczenia: średnio $20^\circ C$ ($=293^\circ K$). Wtedy ze wzoru (3) oblicza się, że przyrost entropii wynikający z wydzielania ciepła przez 1 zwierzę wynosi na dobę

$$\Delta S = 2900 \left[\frac{17}{310 \times 293} = \frac{17}{90830} = 0,000187 \right] = 0,542 \text{ jedn. (cal/}^\circ K)$$

Nieznaczną wartość ΔS należy przypisać (1°) małej różnicy temperatur $T_k - T_0 = 17^\circ C$, (2°) niskiej produkcji ciepła przez małych rozmiarów zwierzę.

b) Poprzez skórę uchodzi również do otoczenia para wodna (tzw. ewaporacja biologiczna); w chwili opuszczania skóry para ta posiada temperaturę T_k organizmu, a rozpraszając się w otoczeniu (przy $T_0 < T_k$) stygnie i przekazuje mu na jednostkę czasu ilość ciepła q_2 . Jednak skuteczność urządzeń ochronnych jak wełna, sierść itp. sprawia, że stosunkowo mało wody w formie pary uchodzi do otoczenia przez powierzchnię

zwierzęcia. Z tego powodu przyrost entropii $\Delta S(q_2)$ związany ze stygnięciem tej pary nie osiąga większych wartości.

c) Organizm oddycha — jednym z etapów tego złożonego procesu jest wdech, czyli wciąganie do płuc powietrza, drugim wydech czyli jego wydychywanie z powrotem do atmosfery. Przyjmuje się, że średnio człowiek w spoczynku oddycha 15 razy na minutę, a objętość wciąganego do płuc powietrza waha się w granicach od 0,5 do 0,7 litra. Nas na razie interesuje para wodna wciągana wraz z powietrzem do płuc w ilości dm_0 mg na 1 oddech. W płucach jej temperatura ulega podwyższeniu do T_k , a jej ilość powiększeniu do dm_k , czyli do ilości odpowiadającej stanowi nasycenia przy T_k . Jej stężenie u ssaków wynosi 44,2—46,5 mg na 1 dm^3 (przy 37 i 38°C), a 56,8 mg u ptaków (przy 41°C). Podczas wydechu do atmosfery przechodzi ilość dm_k pary wodnej o temperaturze $T' = T_k$. Ta para stygnąc do poziomu T_0 otoczenia przekazuje mu pewną ilość ciepła, która przeliczona na jednostkę czasu wynosi q_3 ; z tym procesem jest skojarzony przyrost entropii $\Delta S(q_3)$.

d) Niezależnie od pary wodnej powietrze (suche) po wciągnięciu do płuc ulega ogrzaniu do poziomu T_k , a po wydechu, w nieco zmienionym składzie (mniej tlenu, więcej CO_2) oddaje ono otoczeniu nadmiar ciepła, które po przeliczeniu na jednostkę czasu wynosi q_4 . Temu procesowi — podobnie jak to było z parą wodną — towarzyszy przyrost entropii $\Delta S(q_4)$. Obie entropie (tj. $\Delta S(q_3)$ i $\Delta S(q_4)$) są małymi przyrostami rzędu kilku jednostek ($cal/1^\circ K$) na dobę zależnie od rozmiarów organizmu i różnicy temperatur $T_k - T_0$. Dwie są przyczyny małych wartości q_3 i q_4 , a tym samym i entropii. Pierwszą jest nieznaczna różnica temperatur zwierzęcia i otoczenia, drugą mała pojemność cieplna gazów i par w porównaniu z pojemnościami cieplnymi cieczy i substancji stałych. Na przykład jeżeli 1 dm^3 wody stygnie z poziomu $T_k = 37^\circ C$ do poziomu $20^\circ C$, to łatwo obliczyć, że ilość ciepła przekazana przez wodę otoczeniu wynosi $q_w = ok. 17\,000\ cal$. Natomiast, jeżeli w tych samych warunkach stygnie 1 dm^3 powietrza, to ilość ciepła $q(gaz) = q_4$, którą odbiera otoczenie nie przekracza 3,6 cal., czyli znacznie mniej od q_w . Tym samym i wartości entropii towarzyszące tym procesom będą bardzo różne.

Z powyższych wyjaśnień wynika, że na przyrost entropii związany z wydzielaniem ciepła przez organizm ssaka lub ptaka składają się istotnie 4 pozycje:

$$\Delta S(q) = \Delta S(q_1) + \Delta S(q_2) + \Delta S(q_3) + \Delta S(q_4)$$

Zaznaczymy wyraźnie, że $\Delta S(q)$ nie jest globalnym przyrostem entropii skojarzonej z ontogenezą, lecz jest składową wynikającą z wydzielania ciepła przez organizm do otoczenia różnymi drogami. Oddzielne obliczenie pozycji $\Delta S(q)$ natrafia z jednej strony na bardzo duże trudności, a z drugiej strony nie jest koniecznością dla ustalenia entropii ontogenezy, ponieważ wystarcza znajomość ich sumy, $\Delta S(q)$. Ustala się ją za pomocą dużych wymiarów kalorymistrzów, w których można umieścić zwierzę, inclusive człowieka na określony przeciąg czasu, np. godzinę lub dłużej. Na podstawie odczytanej różnicy temperatur wyjściowej i końcowej na bardzo precyzyjnych termometrach i znajomości pojemności cieplnej kalorymetru oblicza się ilość wydzielonego ciepła.

Na tym jednak nie kończą się procesy termiczne skojarzone z ontogenezą. Podczas wdechów wciągane do płuc powietrze razem z parą wodną zawartą w nim ulegają ogrzaniu do poziomu $T_k = 37^\circ C$ z poziomu

T_0 otoczenia niższego od T_k . Należy przypuszczać, że dzięki dużej powierzchni zetknięcia się powietrza z tkankami płucnymi szybko dochodzi do zrównania się temperatury wciągniętego powietrza i pary wodnej z temperaturą wewnątrz płuc ($=37^\circ$ u ssaków), oraz do wysycenia powietrza parą wodną dostarczoną przez ustrój do poziomu odpowiadającego stanowi pary nasyconej przy $T=37^\circ\text{C}$. W tabeli II są to pozycje 5 i 6. Przyrost entropii $\Delta S(q_6)$ wynikający z ogrzania powietrza nie należy do ilościowo ważniejszych pozycji, ale mimo to jest dużo większy od analogicznego przyrostu $\Delta S(q_5)$ dla pary wodnej; jest to następstwem faktu, że przy 20°C jeden dm^3 powietrza zawiera 1,2 gramów gazów, a wśród nich tylko 17,5 mg pary wodnej w stanie nasycenia.

Drugim ilościowo ważnym źródłem entropii ontogenetycznej jest wydzielanie pary wodnej przez organizm do otoczenia (oczywiście analizę należy ograniczyć do zwierząt lądowych). Z wiadomości udzielonych w poprzednim punkcie wynika, że para wodna opuszcza organizm na dwa sposoby: poprzez skórę (ewaporacja) i w łączności z procesem oddechowym (para pochodzenia oddechowego).

Była już mowa o tym, że dzięki modyfikacjom skóry organizm skutecznie redukuje natężenie strat ewaporacyjnych. Jednak mimo interwencji urządzeń ochronnych organizm lądowy stale traci poprzez skórę parę wodną na rzecz otoczenia, a rozpraszaniu się tej pary w atmosferze towarzyszy przyrost entropii. Jeżeli Δm oznacza ilość pary wodnej wydzielonej przez skórę na jednostkę czasu i przez jednostkę powierzchni (np. 1 dm^2), to przyrost entropii skojarzony z tym procesem oblicza się ze wzoru (6) w którym $p_w =$ skrót para wodna.

$$\Delta S(p_w) = [s^* - R(\ln p + 1)] \Delta m \quad (6)$$

W tym wzorze s^* jest entropią standardową pary wodnej w temperaturze T , R — stałą gazową, p — ciśnieniem w atmosferach pary wodnej w powietrzu otaczającym organizm. Jeżeli $T=25^\circ\text{C}$, to $s^*=s^0=$ entropii standardowej pary wodnej w ścisłym tego słowa znaczeniu. Dodajmy jeszcze, że wzór (4) jest mutatis mutandis również ważny dla jeszcze innych składników atmosfery, nie tylko pary wodnej.

Wzoru (4) nie będziemy wyprowadzać, ponieważ wymagałoby to zbyt długich wyjaśnień. Zaznaczymy jedynie, że jego założeniem jest, że Δm (w naszym rozumowaniu para wodna) jest ilością bardzo małą w porównaniu z ilością pary wodnej zawartej w atmosferze otaczającej ustrój. Jest to postulat, który jest zawsze spełniony.

Natomiast jeżeli chodzi o straty na wodzie pochodzenia oddechowego, to wyjaśniliśmy wyżej, że podczas wydechu ilość dm_k pary wodnej wydzielonej do otoczenia jest większa od tej, dm_0 , którą ustrój wciąga do płuc podczas wdechu. Różnica $D_m = \text{dm}_k - \text{dm}_0$ jest ilością pary wodnej (na 1 wdech i wydech), która dołącza się do zapasu pary wodnej w atmosferze. Oczywiście D_m nawet po przeliczeniu na jednostkę czasu jest ilością znikomą wobec zapasu pary wodnej w atmosferze. Przyrost entropii $\Delta S(p_w)$ skojarzony z rozpraszaniem się, czyli dyfuzją pary wodnej pochodzenia oddechowego w atmosferze oblicza się również ze wzoru (6), w którym Δm jest przeliczoną na jednostkę czasu różnicą D_m .

Z równania chemicznego procesu oddechowego wynika, że w otoczeniu organizmu (w powietrzu) ubywa tlenu, natomiast przybywa równoważna ilość dwutlenku węgla. Dokładniejsze pomiary ujawniły, że ilość

(w molach) pobranego tlenu nie jest dokładnie równa ilości wydzielonego CO_2 na jednostkę czasu. Przyczyną różnicy jest zachodzenie w ustroju na małą skalę ubocznych procesów, w których zaangażowane jest CO_2 lub tlen.

Niech Δm_1 i Δm_2 oznaczają odpowiednio ilości (w molach) zużytego tlenu (wskaźnik 1) i wydzielonego CO_2 (wskaźnik 2) na jednostkę czasu np. dobę. Przyrosty entropii skojarzone z tymi procesami oblicza się ze wzoru (4):

$$\Delta S_1 = [s_1^x R - (\lg \text{nat} p_1 + 1)](-\Delta m_1) \quad (a)$$

$$\Delta S_2 = [s_2^x - R(\lg \text{nat} p_2 + 1)]\Delta m_2 \quad (b)$$

Δm_1 jest ujemne, ponieważ ubywa tlenu podczas oddychania. Suma $\Delta S_1 + \Delta S_2 = \Delta S(g)$ jest przyrostem entropii wynikającym z wymiany gazowej oddechowej, którą oznaczamy symbolem O_2/CO_2 .

Obliczmy $\Delta S(g)$ dla człowieka. W podręczniku biochemii Harrow i Sherwin (1935) można znaleźć informację (na str. 481), że przeciętny zbadany przez autorów osobnik pochłaniał 15,0 litrów tlenu, a wydalał 13,5 litrów CO_2 na godzinę. Po przeliczeniu te liczby wynoszą $\Delta m_1 = -16,61$ (O_2) i $\Delta m_2 = 14,4$ (CO_2) moli na dobę. Dalsze dane niezbędne dla obliczenia ΔS_1 i ΔS_2 zawiera tabela III. Wstawienie danych tabeli do

Tabela 3

Dane dla obliczenia entropii ΔS_1 i ΔS_2 ze wzorów (a) i (b) w tekście

Tlen	$s^+ = 49,00$,	$p = 0,21$ atm.	$\lg \text{nat} p = -1,561$
	$R = 1,9876 = 2$ cal.,		$\Delta m = -16,61$ moli
CO_2	$s^+ = 51,06$,	$p = 0,0003$ atm.	$\lg \text{nat} p = -8,112$
	$R = 2$ cal.,		$\Delta m = 14,4$ moli

wzorów (a) i (b) i wykonanie działań rachunkowych prowadzi do poniższych wyników:

$$\Delta S_1 (\text{tlen}) = -832,5; \quad \Delta S_2 (\text{CO}_2) = 940,0 \text{ jedn. (cal/}^\circ\text{K)}$$

Ich suma, czyli $\Delta S(g) = 107,5$ jedn. jest dodatnim przyrostem entropii na dobę towarzyszącym wymianie gazowej O_2/CO_2 . Ilość entropii wyprodukowanej przez człowieka dorosłego (20—70 lat = 18 250 dni) wyniosłaby co najmniej

$$\Delta S = 107,5 \times 18\,250 = 196,2 \times 10^4 \text{ jedn.}$$

Piszemy co najmniej, ponieważ dane Harrow i Shervin odnoszą się przypuszczalnie do człowieka w spoczynku lub o słabej aktywności. Człowiek, podobnie jak inne organizmy, jest producentem znacznych ilości entropii.

Fotosynteza. Ogromna większość gatunków należących do świata roślinnego, to organizmy zdolne do fotosyntezy, czyli syntezy związków organicznych (heksóz) z CO_2 i wody kosztem energii świetlnej (słonecznej) w zakresie od 400 do 760 nm (jest to zakres widzialny dla oka ludzkiego). Obliczenie entropii fotosyntezy wymaga nie tylko obliczenia entropii skojarzonej z wymianą gazową, CO_2/O_2 , ale ponadto uwzględnienia zmian entropii wynikających z zamiany energii promienistej na chemiczną.

Ten proces nasuwa pytanie czy należy światłu przypisać entropię? Ścisłej należy odpowiedzieć na pytania czy skojarzone są zmiany entropii z takimi procesami jak emisja światła przez jego źródło, np. przez słońce lub żarówkę, jak rozchodzenie się światła w przestrzeni, jak jego pochłanianie przez materię itd. Na te pytania należy udzielić odpowiedzi, że światło jest szczególną formą energii i z tego powodu procesom świetlnym muszą towarzyszyć zmiany entropii. Światło jest jednak zjawiskiem złożonym; jego dokładne określenie wymaga podania trzech parametrów: składu spektralnego, natężeń składowych i stanu polaryzacji. Nic zatem dziwnego, że i entropia zjawisk świetlnych jest skomplikowana. Nawet wyszacowanie entropii fotosyntezy tak prostego układu jakim jest zawiesina glonów (np. z rodzaju *Chlorella*) oświetlona wiązką równoległą i w przybliżeniu monochromatyczną nastęrcza wielkie trudności. Tym bardziej trudnym, dotychczas nie rozwiązany problemem, jest entropia skojarzona z fotosyntezą tak skomplikowanego układu jakim jest roślina wyższa. Nie ulega jednak wątpliwości, że ta entropia jest ilościowo dużą pozycją; z tego powodu umieściliśmy ją na liście ważniejszych składowych entropii ontogenezy.

Nasza dyskusja potwierdziła, że entropia ontogenetyczna zwierząt, zwłaszcza wyższych, jest sumą 3 ilościowo najważniejszych składowych, mianowicie:

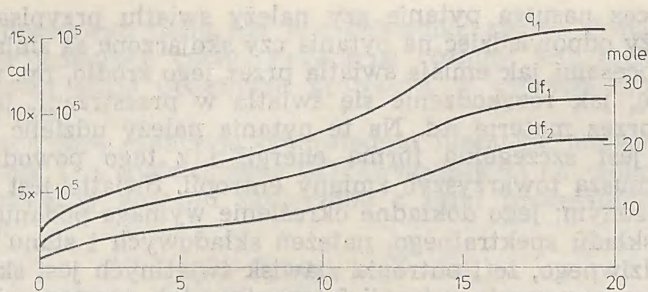
ΔS ontogenezy = ΔS wymiany cieplnej między organizmem a otoczeniem + ΔS dyfuzyjny pary wodnej rozpraszającej się w atmosferze + ΔS wymiany gazowej oddechowej O_2/CO_2 . Do tych pozycji należy dodać drobne pozycje.

W świecie roślinnym dochodzi jeszcze ilościowo ważna pozycja jaką jest entropia fotosyntezy; interferuje ona z entropią wymiany gazowej oddechowej O_2/CO_2 .

V. ENTROPIA ONTOGENETYCZNA — PRZYKŁAD OBLICZENIA

Tytułem przykładu przedstawimy w formie wykresów i tabeli liczbowe wyniki obliczeń najważniejszych pozycji entropii ontogenetycznej człowieka dla okresu 0—20 lat. Wykresy wymagają pewnych wyjaśnień. Zostały one wykonane na podstawie obszernego materiału liczbowego, którego nie będziemy przytaczać. Należy jednak wyraźnie zaznaczyć, że zarówno wykresy jak i dane tabeli 4 mają charakter informacji orientacyjnych. Ich wykreślenie lub obliczenie wymagało bowiem ustalenia, że temperatura ustroju ludzkiego wynosiła $37^\circ C$, a średnia temperatura otoczenia $20^\circ C$. Ponadto przyjęto, że (1°) zawartość pary wodnej powietrza wynosiła 50% stanu nasycenia przy $20^\circ C$, czyli $17,29/2 = 8,645$ mg na 1 dm^3 ; (2°) że człowiek na dobę średnio wydziela poprzez skórę 500 gramów wody w formie pary. Dla temperatur otoczenia, zawartości pary wodnej w powietrzu i natężenia ewaporacji różnych od przyjętych wyżej norm zarówno wykresy jak i dane tabeli byłyby różne.

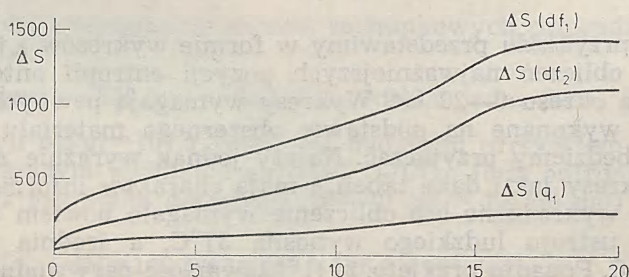
Na rys. 2 ograniczamy się do wytyczenia trzech krzywych ilościowo dominujących pozycji entropii; są to przyrosty skojarzone z wydzielaniem ciepła, z dyfuzją pary wodnej opuszczającej organizm przez jego skórę i z dyfuzją pary pochodzenia oddechowego dla człowieka w latach 0—20. Krzywe mają kształt sigmoidalny; jest to konsekwencją sigmoidalnych kształtów krzywych przedstawiających ciężar organizmu (w kg), jego wzrost (w cm) i jego powierzchnię (w m^2) jako funkcje wieku do



Rys. 2. Człowiek. Entropie wymiany na dobę ciepła i pary wodnej między ustrojem a otoczeniem jako funkcja wieku (0—20 lat); $\Delta S(q_1)$ = przyrost entropii towarzyszący wydzielaniu ciepła przez skórę. $\Delta S(df_1)$ i $\Delta S(df_2)$ przyrosty entropii skojarzone z rozpraszaniem się w atmosferze albo pary wodnej opuszczającej organizm poprzez skórę ($\Delta S(df_1)$), albo pary wodnej pochodzenia oddechowego ($\Delta S(df_2)$).

lat 20 (por. wykresy na rys. 1). Po 20 roku życia ciężar organizmu, jego wysokość i powierzchnia ulegają co najwyżej małym zmianom; np. ciężar z reguły wzrasta do średnio 70 kg, a wzrost dopiero pod koniec życia nieco się zmniejsza. Z tego powodu z punktu widzenia entropii ontogenezy interesujący jest okres intensywnego rozwoju, czyli lata 0—20.

Uzupełnieniem rys. 2 są wykresy na rys. 3; przedstawiają one jako funkcję wieku człowieka do lat 20 — ciepło, które w ilości q_1 na dobę uchodzi wprost do otoczenia poprzez skórę (krzywa 1) i ilości pary wodnej w molach dyfundującej na dobę z ustroju do atmosfery albo przez jego skórę (krzywa 2) albo w wyniku oddychania (krzywa 3). Dla przyczyny już wyżej wspomnianej krzywe na rys. 3 mają również kształt sigmoidalny.



Rys. 3. Człowiek. Odcięte: lata 0—20. 1. q_1 = ilość ciepła w kaloriach wydzielona na dobę do otoczenia poprzez skórę (skala na lewo), df_1 i df_2 ilości pary wodnej w molach wydzielanych do atmosfery na dobę a) poprzez skórę (df_1), b) pochodzenia oddechowego (df_2)

W trzeciej kolumnie tabeli 4 zestawiono średnie wartości entropii dla pozycji 1—9 (tabela 2) przypadających na 1 dobę dla okresu 20 lat. Na przykład 181,117 jedn. (pozycja 1) jest średnią produkcją entropii za okres 20 lat związaną z uchodzeniem ciepła poprzez skórę. Swą wartością jest ona zbliżona do średniej dobowej produkcji entropii przez ustrój ludzki w wieku 10—11 lat.

Tabela 4

Produkcja entropii (cal/1° K) do lat 0—20

Pozycja		Średnio na dobę	Na 1 rok	W ciągu 20 lat
1	q_1	181,117	$66,1 \times 10^3$	$132,3 \times 10^4$
2	q_2	0,427	156,1	3119,3
3	q_3	0,363	132,1	2651,8
4	q_4	9,903	$36,2 \times 10^2$	$72,4 \times 10^3$
5	q_5	1,245	454,7	$90,9 \times 10^2$
6	q_6	94,416	$34,5 \times 10^3$	$69,6 \times 10^4$
7	df_1	898,261	$328,1 \times 10^3$	$656,2 \times 10^4$
8	df_2	593,98	$217,0 \times 10^3$	$433,0 \times 10^4$
9	O_2/CO_2	107,5	$39,3 \times 10^3$	$78,6 \times 10^4$

Entropię pozycji 5 i 6 (ogrzanie pary wodnej i powietrza wciągane do płuc) oblicza się za pomocą klasycznego wzoru:

$$\Delta S = m \cdot C_p \cdot \lg \text{nat}(T_k/T_0) \quad (7)$$

w którym m jest liczbą moli substancji ogrzewanej, C_p jej ciepłem molowym pod stałym ciśnieniem, a $\lg \text{nat}(T_k/T_0)$ jest logarytmem naturalnym stosunku temperatur końcowej i wyjściowej ogrzewania. W naszych obliczeniach $C_p = 8,0153$ cal dla pary wodnej, a 6,939 cal dla powietrza suchego. We wzorze dla pary wodnej $m = 2,775$ moli, a dla powietrza $m = 241,37$ moli. Wyjaśniliśmy już wyżej, że powodem, dla którego druga pozycja jest znacznie wyższa od pierwszej jest okoliczność, że ilości powietrza wciągane do płuc są dużo większe od analogicznych ilości pary wodnej.

Liczby kolumny 3 po przeliczeniu na 1 rok i na lat 20 zostały zestawione w kolumnach 4 i 5 tabeli 4. Dla otrzymania danych kolumny 4 należy dane kolumny 3 pomnożyć przez liczbę dni w roku, czyli przez 365,2564 (tzw. rok gwiazdowy liczy 365 dni, 6 godz., 9 min. i 10 sek.). Dane kolumny 5 otrzymuje się mnożąc dane kolumny 4 przez 20.

Obliczenie pozycji kolumny 3 w tab. 4 wymaga znajomości ilości ciepła (np. w kaloriach) i liczby moli pary wodnej i powietrza zaangażowanych w procesach termicznych lub rozpraszania się materii w atmosferze. Te dane są zebrane w tabeli 5; wymaga ona kilku słów wyjaśnień. Liczby w kolumnach 3 i 6 oznaczają kolejne numery wzorów przytoczonych w tekście. Odpowiednie skombinowanie wzorów z danymi kolumn 2 i 5 umożliwia obliczenie przyrostów entropii skojarzonych z procesami wymienionymi w tab. 2, np. stygnięciem pary pochodzenia oddechowego. Obliczone w ten sposób przyrosty entropii ΔS są zanotowane w kolumnie 3 tab. 4. Liczby przytoczone w kolumnach 2 i 5 zostały wyszukane z różnych źródeł albo obliczone na ich podstawie. Pozycja 9, czyli wymiana gazowa oddechowa O_2/CO_2 była już poprzednio przedmiotem obliczeń.

Informacje zawarte w tab. 4 są interesujące. Okazuje się (kolumna 3), że dobowe przyrosty entropii są bardzo różne ilościowo. Od bardzo małych jak $\Delta S(q_2)$ i $\Delta S(q_3)$ mamy przejścia do wartości znacznie większych rzędu kilkuset jednostek. Najwyższymi wartościami wyróżniają się entropie dyfuzyjne pary wodnej, która uchodzi do otoczenia poprzez

skórę albo w związku z oddychaniem, pozycje 7 i 8. Są one znacznie wyższe od pozycji 1, 2, 3, 4 przyrostów entropii wynikających ze zmian termicznych, mianowicie z utraty ciepła przez skórę oraz stygnięcia pary wodnej czy powietrza. Jest to wynik dość nieoczekiwany, ponieważ bylibyśmy raczej skłonni przypuszczać, że maksymalne przyrosty entropii będą wynikiem wydzielania do otoczenia znacznych ilości ciepła przez organizm. Suma tych pozycji wynosi 191,81 jednostek entropii ($\text{cal}/1^\circ\text{K}$); przyrosty $\Delta S(q_5)$ i $\Delta S(q_6)$ należy oczywiście pominąć, ponieważ odnoszą się one do ogrzewania pary wodnej i powietrza kosztem ciepła dostarczonego przez organizm.

Tabela 5

Dane uzupełniające do tabeli 4 (objaśnienia w tekście)

Pozycja	Ciepło	Wzór	Pozycja	Ciepło albo mole	Wzór
1	968540 cal	(5)	5	$2,755 \times 8,0153$ cal	(7)
2	2632 „	(5)	6	$241,37 \times 6,939$ „	(7)
3	1940 „	(5)	7	17,3 mole pary H_2O	(6)
4	28425 „	(5)	8	11,4 mole pary H_2O	(6)

Przyczyny, dla której na ogół entropia dyfuzyjna ($\Delta S(\text{dyf})$) jest większa od entropii termicznej ($\Delta S(q)$) należy szukać w odmiennym charakterze z jednej strony procesów termicznych, jak stygnięcie lub ogrzewanie, a z drugiej strony procesów polegających na rozpraszaniu się (dyfuzji) materii w przestrzeni. Materia jest par excellence substancją nieciągłą, złożoną z atomów odrębnych i niezniszczalnych. Dzięki temu atomy zachowują coś w rodzaju jakby indywidualności. Nie mogą one ani zaniknąć bez śladu, ani powstać z niczego. Niezniszczalność i „indywidualność” atomów i drobin z nich złożonych sprawia, że mogą się one rozpraszać w przestrzeni bez ryzyka zaniku, a w miarę wzrostu ich dyfuzji zwiększa się również ich stan chaotyczny, oraz jego miara, czyli entropia (do pewnej granicy). W naszych rozważaniach rozpraszającą się materią jest para wodna i z tego powodu przyrost entropii związany z tym procesem był znaczny.

Natomiast takich możliwości jest pozbawiona energia cieplna. Mimo, że w fizyce współczesnej energia uległa kwantyzacji, nieznane są trwale i niezniszczalne atomy ciepła. Przyrost entropii towarzyszący stygnięciu nie jest konsekwencją procesu dyfuzyjnego, ale wynikiem procesu polegającego na degradacji energii cieplnej z poziomu wyższego, czyli wyższej temperatury T_k do poziomu niższego, czyli niższej temperatury T_0 . Przyrost entropii skojarzony z tą degradacją zależy od różnicy $T_k - T_0$ i od ilości ciepła ulegającego stygnięciu jak to wynika ze wzoru

$$\Delta(S) = \left[\frac{T_k - T_0}{T_k \cdot T_0} \right] q \quad (5)$$

który zawiera jedynie temperatury T_k i T_0 i ciepło w ilości q , a jest niezależny od warunków przestrzennych. Ponadto, jeżeli różnica temperatur i ilość ciepła q są małymi wielkościami, to również i przyrost entropii jest nieznaczny. W warunkach biologicznych różnica $T_k - T_0$ jest na ogół

nie duża i dlatego nawet dla nieco większych ilości ciepła q wydzielnego przez zwierzę suma entropii termicznych ontogenezy jest znacznie mniejsza od sumy entropii dyfuzyjnych.

Z tabeli IV wynika, że ustrój ludzki jest producentem dużych ilości entropii. Łatwo obliczyć, że dla 1 doby suma pozycji kolumny trzeciej wynosi 1886 jedn.; ta ilość przeliczona na 1 rok i na 20 lat wynosi odpowiednio i w przybliżeniu $68,9 \times 10^3$ i $137,8 \times 10^4$ jedn.; są to duże ilości. Oczywiście nie tylko człowiek, ale w ogóle cały świat ożywiony, zwłaszcza zwierzęcy, jest producentem wielkich ilości entropii.

Naszą dyskusję nad entropią ontogenezy zakończymy uwagą stwierdzającą jeszcze raz, że istotnie jej obliczenie jest operacją skomplikowaną, którą ponadto często utrudnia brak danych numerycznych. Jest to jeden z powodów, który nie zachęca biologów do podejmowania systematycznych badań nad entropią ontogenezy. Innym powodem jest przekonanie, że jest mało prawdopodobne, żeby tego rodzaju badania doprowadziły do rewelacyjnych odkryć biologicznych. Jednak stwierdzenie, że wbrew oczekiwaniu entropia dyfuzyjna pary wodnej produkowana przez organizm jest znacznie większa od entropii termicznej, jest w pewnej mierze zaprzeczeniem przekonania o którym mowa.

VI. ENTROPIA A STRUKTURA ORGANIZMU

Pozostaje nam jeszcze do rozpatrzenia bardzo skomplikowana struktura żywej materii z punktu widzenia porządku i chaosu. Jak się dalej okaże jest to problem dość zawiły. Część przestrzeni zajętej przez organizm, którą oznaczmy symbolem V , zawiera bardzo wielką liczbę atomów C, H, O, N itd. oraz drobin wody, które wchodzą w jego skład. Jest oczywiste, że te atomy i drobin wody można rozmieścić w przestrzeni V na bardzo wiele różnych sposobów. Ich liczba N jest wielkością obliczalną za pomocą wzorów, które przytoczymy nieco dalej. Należy wyraźnie zaznaczyć, że dany konkretny organizm jest jedym z tych rozmieszczeń, jednak nie dowolnym czy przypadkowym, ale zgodnym z tzw. informacją genetyczną ułożoną w chromosomach. To szczególne rozmieszczenie należy identyfikować ze strukturą posiadaną przez organizm.

W organizmie np. ssaka liczby atomów i drobin wody w jego skład wchodzących są znacznie większe od analogicznych liczb w organizmie niższym, np. w *Paramecium*. Tym samym w skład struktury ssaka wchodzi znacznie więcej atomów i drobin wody niż w skład *Paramecium*. Ta zależność struktury od liczb atomów i drobin wody upoważnia nas do przypisania strukturze pewnych rozmiarów, w tym znaczeniu, że ta struktura może być mniej lub więcej skomplikowana, czyli posiadać mniejszy lub większy poziom złożoności. Nietrudno się domyślić, że naszym dalszym i ważnym zadaniem będzie określenie miary złożoności struktury, czyli jej definicji i wyszukanie odpowiednich metod pomiarowych.

Pojęcie struktury łączy się ściśle z pojęciem porządku; każda bowiem struktura zawiera w sobie porządek i na odwrót, każdy uporządkowany układ implikuje pewną strukturę. Związek między tymi pojęciami jest bardzo ścisły, ponieważ na strukturę należy się zapatrywać jako na wynik rozmieszczenia w przestrzeni elementów pewnego zbioru, np. atomów różnych pierwiastków, w sposób nie dowolny, ale zgodny z określonym przepisem, czyli uporządkowany. Zauważmy jeszcze, że struktura

jest wielkością dodatnią (nie wiemy co to jest ujemna struktura); tym samym porządek skojarzony ze strukturą jest wielkością dodatnią.

Pojęcie porządku pozostaje w bardzo ścisłym logicznym związku z pojęciem chaosu, jako że jest jego przeciwieństwem, co można wyrazić równościami: porządek = — chaos. Z kolei chaos pozostaje również w ścisłej zależności od entropii, ponieważ *ex definitione* entropia jest miarą ilości chaosu zawartego w danym układzie.

Na podstawie powyższych zależności można się zgodzić z tezą, że nie jest pozbawione sensu pytanie jaki jest stosunek entropii do porządku, w szczególności czy nie można by określać rozmiarów struktury za pomocą entropii.

Na to pytanie należy udzielić odpowiedzi negatywnej. Jednostka entropii (chaosu) jest wielkością ujemną w stosunku do struktury i porządku. Mierzenie obu tych wielkości za pomocą jednostki entropii spowoduje się do mierzenia wielkości dodatnich za pomocą jednostki ujemnej i musi prowadzić do błędnych wyników. Objaśnia to przykład już gdzieś indziej przez nas użyty [7, 8]. Dwa pręty mają długości 1 i 2 m, a mierzymy je za pomocą jednostki długości ujemnej, np. —1 cm. Wtedy długości prętów wynoszą (odpowiednio) —100 i —200 cm. Ponieważ $-200 < -100$, wynika stąd nonsens, że dłuższy pręt jest krótszy od krótszego. Natomiast otrzymamy poprawne wyniki mierząc długości za pomocą dodatniej jednostki +1 cm. Podobnie próba pomiaru porządku za pomocą entropii musi się zakończyć negatywnie.

Choć zatem z jednej strony entropia zawodzi jako miara porządku lub rozmiarów struktury, to z drugiej strony sugeruje ona wyjście z naszych trudności. Polega ono na założeniu, że stosunek miary porządku do porządku jest taki sam jak entropii do chaosu. To założenie jest konsekwencją przytoczonej wyżej relacji: porządek = —chaos. Nasze założenie wyraża proporcja:

$$\text{Entropia : chaos} = X (= \text{miara porządku}) : \text{porządek} \quad (8)$$

Podobnie jak dla określenia miary chaosu został wprowadzony do termodynamiki termin entropia (Clausius, 1864) — tak samo należy znaleźć nazwę dla wielkości pełniającej funkcję miary porządku. W rozprawach [7] i [8] zaproponowaliśmy termin eutaksja (od greckiego taksis = porządek). Eutaksja jest zatem miarą ilości porządku, którą zawiera organizm.

Dla entropii jednostką była 1 kaloria na 1°K , albo energia cieplna w ilości 1 dżula na 1°K . Z proporcji (8) wynika, że jednostką eutaksji jest również jednostka energii w ilości odpowiadającej 1 kalorii albo 1 dżulowi na 1°K . Energia ta jednak nie jest energią cieplną, ale energią w formie użytecznej jak mechaniczna lub chemiczna. Wprowadzenie bowiem porządku do układu jest operacją, która wymaga wydatkowania energii w formie użytecznej; z tego powodu jednostka eutaksji musi być jednostką tego rodzaju energii.

Określenie eutaksji jako miary złożoności struktury organizmu wymaga jeszcze dalszych wyjaśnień. Eutaksja — podobnie jak entropia — jest wielkością ekstensywną i proporcjonalną do rozmiarów układu i funkcją jego stanu. Ponadto okazuje się, że eutaksja jest właściwością życia w tym znaczeniu, że jest ograniczona do ustrojów żywych. Punktem wyjścia dowodu tej tezy jest fakt, że przypisujemy posiadanie struktury zarówno kryształom, jak i organizmom. Ogromne różnice jakie zachodzą między tymi dwoma typami układów uzasadniają pytanie, czym

się różnią między sobą struktury kryształów i organizmów? Na to pytanie wiele lat temu (w 1944 r.) udzielił odpowiedzi znakomity fizyk Schrödinger [22]. W kryształach struktura polega na periodycznym, a tym samym uporządkowanym powtarzaniu się w przestrzeni pozycji zajętych przez jego atomy. Natomiast organizm jest układem o bardzo skomplikowanej strukturze, ale uporządkowanej aperiodycznie. Na pytanie czy uporządkowanie i aperiodyczność są pojęciami, które się wykluczają, należy odpowiedzieć, że znane są układy uporządkowane i aperiodyczne. Przykładem jest biblioteka z książkami ustawionymi na półkach zgodnie z alfabetyczną kolejnością nazwisk autorów. Jest ona niewątpliwie układem uporządkowanym, ale zupełnie pozbawionym periodyczności. Organizmy są jakby przeciwieństwem periodycznie uporządkowanych kryształów: są również układami wysoce uporządkowanymi, ale w sposób aperiodyczny.

Z kolei po tych wyjaśnieniach naszym zadaniem staje się opis metody opracowanej dla pomiaru eutaksji. Tu również przychodzi nam z pomocą entropia. Stwierdziliśmy wyżej, że przeszkodą wykluczającą zastosowanie entropii dla pomiaru złożoności strukturalnej organizmu jest jej ujemna wartość w stosunku do dodatniej struktury. Jednak ta przeszkoda zanika jeżeli zmienić znak entropii, czyli zastąpić ją przez minus entropię ($-\Delta S$, czy ta operacja jest dopuszczalna rozpatrzmy za chwilę). Wtedy bowiem ujemna entropia staje się dodatnią wielkością w stosunku do struktury. Stąd wynika, że jeżeli entropia jest miarą chaosu, to ujemna entropia staje się miarą porządku czyli eutaksją zgodnie z naszą definicją tej wielkości.

Na pytanie co to jest ujemna entropia należy udzielić wyjaśnienia, że jeżeli entropia jest miarą chaosu, to z uwagi na relację że $-\text{chaos} = \text{porządek}$, ujemna entropia jest miarą porządku czyli eutaksją (nieco inne jest uzasadnienie podane przez Schrödingera w *What is Life*, art. 60 [22]).

Następny etap naszej argumentacji wymaga dostosowania jednego ze wzorów termodynamicznych do naszego problemu, mianowicie znanego i ważnego wzoru

$$S = k \ln n \quad (9)$$

w którym N jest liczbą rozmieszczeń elementów zbioru w przestrzeni przez niego zajętej, a k jest uniwersalną stałą zwaną stałą Boltzmanna (choć Boltzmann nie wprowadził jej do fizyki). Dostosowanie wzoru (9) do naszego problemu polega na uwzględnieniu dwu punktów. Po pierwsze należy napisać

$$-S = -k \ln n \quad (9a)$$

zamiast $S = k \ln n$ zgodnie z wyjaśnieniami wyżej udzielonymi. Po drugie nie można identyfikować struktury organizmu z liczbą rozmieszczeń N , ponieważ ta struktura jest jednym z rozmieszczeń elementów zbioru, w naszym wypadku atomów i drobin wody. Strukturę należy zatem wyrazić ilorazem $1/N$ i ten iloraz wstawić do wzoru (9a) na miejsce N ; wtedy

$$-S = -k \ln(1/N) = +k \ln N \quad \text{albo} \quad E_u = k \ln N \quad (10)$$

ponieważ również w myśl poprzednich wyjaśnień ujemna entropia jest po prostu eutaksją E_u .

Do wzoru (10) można dojść na jeszcze innej, biologicznej drodze. Przypuśćmy, że w ciągu czasu t liczba n cząstek w układzie zwiększyła się z n_0 do n_k . Wtedy liczba rozmieszczeń tych cząstek również uległa zwiększeniu z liczby wyjściowej N_0 do końcowej N_k . Na mocy wzoru (9a) mamy:

$$-S_0 = -\text{klgnat}N_0 \quad \text{ i } \quad -S_k = -\text{klgnat}N_k$$

a przyrost entropii ujemnej towarzyszący temu procesowi wynosi:

$$-\Delta S = -S_k - (-S_0) = -\text{klgnat}N_k + \text{klgnat}N_0 = -\text{klgnat}(N_k/N_0) \quad (11)$$

W chwili wyjściowej t_0 ontogenezy (stadium zygoty lub zarodnika) organizm ma niejako do dyspozycji $N_0 = N$ możliwości rozwojowych, jeżeli N jest liczbą rozmieszczeń atomów i drobin wody w organizmie dorosłym w chwili t_k . Z tych N możliwości zostaje zrealizowana tylko jedna, mianowicie konkretny dorosły organizm; a zatem $N_k = 1$. Wtedy ujemny przyrost entropii towarzyszący ontogenezie $t_0 - t_k$ wynosi ut supra:

$$-\Delta S = -\text{klgnat}(N_k/N_0) = -\text{klgnat}(1/N) = \text{klgnat}N \quad (10)$$

Wzór (10), do którego doprowadziło nas dłuższe rozumowanie, jest z jednej strony wzorem zadziwiająco prostym, a z drugiej bardzo ważnym, ponieważ dzięki niemu możliwością staje się obliczenie złożoności struktury organizmu, o ile znane jest N .

Należy jeszcze uwzględnić zmienność biologiczną. Polega ona na tym, że osobniki tego samego gatunku, wieku i płci nie są identyczne, lecz różnią się nieco między sobą pod względem rozmiarów, barwy, kształtu, szczegółów wewnętrznej budowy itd. Jednak te różnice są nieznaczne, ponieważ osobnika znacznie odchylającego się od osobnika przeciętnego należałoby zaliczyć do innego gatunku, albo uznać za indywiduum patologiczne dopuszczalne do pominięcia.

Z tych uwag wynika, że realizacja osobników tego samego wieku i płci w ramach jednego gatunku jest możliwa na większą liczbę sposobów r . Jednak liczbę r ogranicza wielkie podobieństwo jakie stwierdza się między osobnikami tego samego gatunku, wieku i płci. Konieczność uwzględnienia zmienności biologicznej, czyli liczby r pociąga za sobą modyfikację wzoru (10). Należy w nim zastąpić jedność w liczniku przez r . Wtedy:

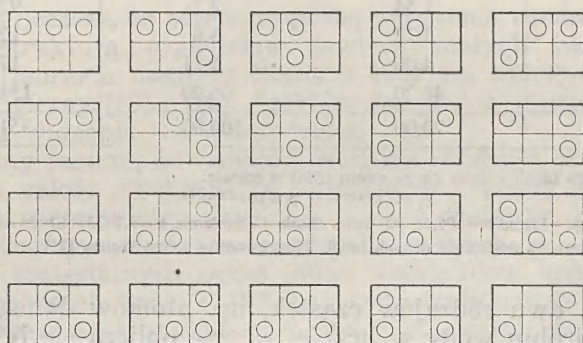
$$-\Delta S = -\text{klgnat}(r/N) = -\text{klgnat}r + \text{klgnat}N \quad (12)$$

ale ponieważ $\text{lg}n\text{at}r$ jest bardzo małe w porównaniu do $\text{lg}n\text{at}N$ dopuszczalne jest jego pominięcie, a wzór upraszcza się do poprzedniego:

$$-\Delta S = +\text{klgnat}N \quad \text{czyli} \quad E_u = \text{klgnat}N. \quad (10)$$

Pozostaje nam jeszcze udzielenie informacji jak się oblicza liczbę rozmieszczeń N , której znajomość jest konieczna dla zastosowania powyższych wzorów. W tym celu należy się wrócić do definicji struktury jako rozmieszczenia w przestrzeni atomów i drobin wody zgodnie z informacją genetyczną. Jednak z uwagi na to, że w przestrzeni V jest nieskończenie wiele punktów, każdy atom lub drobina wody może się na nieskończenie wiele sposobów zetknąć z jakimś punktem przestrzeni V . Wyjście z tej trudności, która paraliżuje dalsze rozumowania, polega na podzieleniu przestrzeni V na bardzo liczne — w liczbie n_r — ale i bardzo

małe elementy przestrzenne Δv . W przestrzeni trójwymiarowej są one sześcianami, w dwuwymiarowych modelach — kwadratami (rys. 4). Ich rozmiary liniowe (długość krawędzi) są tak dobrane, żeby w jednym elemencie Δv było miejsce tylko na 1 atom lub 1 drobinę wody. Na tej podstawie można obliczyć, że przy 25°C długość krawędzi wynosi $3,1 \text{ \AA}$; w 1 dm^3 znajduje się $n_r = 333,31 \times 10^{23}$ elementów Δv .



Rys. 4. Dwuwymiarowy model przestrzeni V zawierającej 6 elementów przestrzennych Δv ($n_r=6$) i 3 atomy ($n=3$). Rysunek przedstawia wszystkie możliwe a różne rozmieszczenia 3 atomów w przestrzeni V. Liczba rozmieszczeń $N^+=20$. W organizmie elementy przestrzenne nie obsadzone atomami są zajęte przez drobiny wody

W przestrzeni V podzielonej na bardzo wielką liczbę elementów Δv można rozmieścić atomy C, H, O, N itd. oraz drobiny wody na bardzo wiele sposobów w liczbie N^+ , tak żeby w każdym elemencie Δv mieścił się albo 1 atom albo 1 drobina wody. Nawet dla małych wartości n_a i n_w liczby N^+ rozmieszczeń w przestrzeni V stają się bardzo dużymi. Rysunek 4 przedstawia wszystkie różne rozmieszczenia dla $n_r=6$, $n_a=3$ atomom jednego pierwiastka i n_w+3 drobinom wody; liczba rozmieszczeń wynosi $N^+=20$, choć 6, 3 i 3 są małymi liczbami. Można obliczyć, że dla $n_r=20$, n_a+8 atomom tego samego pierwiastka i $n_w=12$ drobinom wody

$$N^+ = 125\,970$$

Liczba rozmieszczeń jest więc dużą liczbą, choć 20, 8 i 12 są jeszcze liczbami małymi.

W organizmie, ponieważ każdy element Δv jest obsadzony albo atomem albo drobiną wody, suma $n_a+n_w=n_r$, czyli liczbie elementów Δv . Jeżeli wziąć pod uwagę, że w ustroju liczby atomów n_a i drobin wody n_w są liczbami bardzo wielkimi, wynika stąd, że liczby ich rozmieszczeń w przestrzeni V stają się liczbami ogromnymi. Dla człowieka informacje w tym zakresie zawiera tabela VI. Zostały w niej uwzględnione jedynie pierwiastki, których udział w suchej masie jest większy (C, H, O, N). Masy pozostałych pierwiastków jak Na, K, Ca, Mg, P, S itd. nie przekraczają razem kilku procent suchej masy i z tego powodu są często pomijane w rozumowaniach i operacjach rachunkowych.

Dla obliczenia liczb N^+ rozmieszczeń opracowano w ramach kombinatoryki wzory, które choć nie dają ściśle dokładnych danych, dostarczają wartości N^+ z bardzo dobrym przybliżeniem dla dużych n_r i n

Tabela 6

Człowiek — Eutaksja

Pierwiastek	CieŜar kg	%	Liczby atomów
C	15,04	21,49	$7541,40 \times 10^{23}$
H	1,54	2,2	9201,20 „
O	3,22	4,6	1211,74 „
N	4,00	5,71	1720,04 „
H ₂ O	46,20	66,00	15444,75 „
	70,00	100,00	35119,13 „

Na podstawie danych tabeli oblicza się ze wzoru (13a) w tekście:

$$N^+ = 10^2 \times 10^{27} \quad N = 10^{14} \times 10^{26}$$

Eutaksja = $\text{klgnat} N = 106,3 \times 10^2$ jedn. (Stała Boltzmanna $k = 3,2973 \times 10^{-24}$ cal/K)

Liczby tabeli obliczone na podstawie danych tabeli 2 przytoczonej przez Weissa [24]

($=n_a + n_w$). Dla dwu rodzajów cząstek, np. atomów danego pierwiastka w liczbie n_1 i drobin wody w liczbie $n_w = n_2$, oblicza się N^+ ze wzoru

$$N^+ = \frac{n_r^{n_r}}{n_1^{n_1}(n_r - n_2)^{(n_r - n_2)}} \quad (n_r \gg 1, \quad n_1 \gg 1, \quad n_2 \gg 1) \quad (13)$$

Wzór (13) można rozszerzyć celem obliczenia liczby rozmieszczeń N^+ , jeżeli liczba różnych rodzajów cząstek, np. atomów należących do różnych pierwiastków, przekracza 2. W formie logarytmicznej wygodnej w operacjach rachunkowych przytaczamy poniżej wzór dla 4 pierwiastków (C, H, O i N) i drobin wody ($\lg = \lg \text{nat}$):

$$\lg N^+ = n_r \lg n_r - (n_c \lg n_c + n_H \lg n_H + n_O \lg n_O + n_N \lg n_N + n_w \lg n_w) \quad (13a)$$

W tym wzorze n_C , n_H , n_O , n_N i n_w oznaczają liczby atomów C, H, O, N i drobin wody (odpowiednio) wchodzących w skład ustroju; n_r jest jak poprzednio liczbą jego elementów przestrzennych Δv .

W organizmie atomy C, H, O, N itd. są połączone ze sobą bardzo licznymi wiązaniami kowalencyjnymi, w słabszej mierze innymi, np. wodorowymi. Jednak z punktu widzenia chemicznego niedopuszczalne są liczne połączenia kowalencyjne. Na przykład nieznane są wiązania O—O—O albo N—N—N, oraz analogiczne z jeszcze większą liczbą atomów tlenu lub azotu. Również niemożliwe są rozmieszczenia z licznymi wolnymi atomami wodoru, tlenu, azotu, ponieważ te wolne atomy łączą się w drobiny H_2 , O_2 i N_2 . Nieznane jest również występowanie w organizmach cząstek grafitu, choć w zasadzie byłoby to możliwe. Z tych uwag wynika, że z punktu widzenia fizykochemicznego liczba N realnych rozmieszczeń atomów C, H, O, N itd. jest znacznie niższa od liczby N^+ obliczonej ze wzoru wyżej przytoczonego. Jednak nie tylko obliczenie N (liczby realnych rozmieszczeń), ale nawet jego wyszacowanie napotyka na duże trudności, których przyczyną jest różnorodność powodów, dla których koniecznością staje się wyeliminowanie pewnych rozmieszczeń. W grubym przybliżeniu można przyjąć, że $N = (N^+)^{0,7}$. Jednak nawet po wyeliminowaniu bardzo licznych niemożliwych rozmieszczeń, liczba pozostałych, czyli realnych jest jeszcze bardzo duża. W rozumowaniach i we wzorach wyżej przytoczonych założeniem milczącym było, że liczba

N oznacza liczbę realnych rozmieszczeń atomów i drobin wody wchodzących w skład organizmu.

Na zakończenie przypomnijmy, że entropia jest jednym z najważniejszych pojęć termodynamicznych, którego własności i zastosowania doczekały się wszechstronnego opracowania przez fizyków. Mimo to okazuje się, że zastosowanie entropii do badań nad organizmami żywymi nastęrcza trudności i nasuwa nowe problemy nie zawsze łatwe do rozwiązania.

Dodajmy jeszcze, że pierwszą próbę obliczenia ujemnej entropii związanej ze strukturą organizmu zawiera małych rozmiarów książka A. Lwoffa (laureata nagrody Nobla z 1965 r.), której tematem jest porządek biologiczny [18] i [19]. Problem ten jest dyskutowany przez autora z punktu widzenia teorii informacji.

Zauważmy jeszcze, że tematem naszego artykułu jest żywy organizm jako pewna całość strukturalna i funkcyjna. Należy jednak zaznaczyć, że od 30 lat przedmiotem badań z punktu widzenia termodynamiki są określone procesy zachodzące w żywych ustrojach, jak osmoza, przenikanie cząstek materialnych przez błony komórkowe, polimeryzacja wirusowa i jeszcze wiele innych. Przeważnie badania nad tymi procesami wymagają zastosowania metod opracowanych przez tzw. termodynamikę procesów nieodwracalnych, poprawnie stanów nierównowagi. W języku polskim wprowadzeniem do tej bardzo trudnej problematyki jest monografia prof. Gumińskiego: *Termodynamika procesów nieodwracalnych* [11], oraz rozprawa [10]. W szczególności prace, o których mowa, wymagają obliczenia zmian entropii towarzyszących badanym procesom i w ten sposób przyczyniają się do rozszerzenia naszej wiedzy o entropii żywych organizmów. Opis metod dostosowanych do tego rodzaju poszukiwań i przegląd uzyskanych wyników są zebrane w monografii Katchalskiego (zamordowanego przez terrorystów) i Currana [14], oraz w monografiach Jonesa [13] i Lauffera [16].

LITERATURA

- [1] Bader H., Heldt H. W., Karger W., Lübbers D. W. — *Bioenergetik*. Urban & Schwarzenberg. München—Berlin—Wien, 1972.
- [2] Beattie J. A., Oppenheim I. — *Principles of Thermodynamics*. Elsevier Scient. Publ. Co. Amsterdam, 1979.
- [3] Bent H. A. — *The Second Law*. Oxford Univ. Press. New York, 1965.
- [4] Chambadal P. — *Evolution et application du concept d'entropie*. Dunod, Paris, 1963.
- [5] Dugdale J. S. — *Entropy and Low Temperature Physics*. Hutchinson Univ. Library, London, 1966.
- [6] Fast J. D. — *Entropy*. Phillips Techn. Libr. 1961.
- [7] Górski F. — *Structural Entropy of Organisms*. Folia Biologica, 26, 263—275, Kraków, 1978.
- [8] Górski F. — *Entropia strukturalna*. Problemy, Zesz. nr 1, 2—8, Warszawa, 1980.
- [9] Gumiński K. — *Termodynamika*, III wyd. PWN — Warszawa, 1974.
- [10] Gumiński K. — *Termodynamika a biologia*. Zeszyty Nauk. U.J. Prace z Biologii Molekularnej; zesz. 4, 9—25. Nakładem Uniw. Jagiell. 1977.
- [11] Gumiński K. — *Termodynamika Procesów Nieodwracalnych*. PWN — Warszawa, 1962.

- [12] Harrow B., Sherwin C. P. — *A Textbook of Biochemistry*. W. S. Saunders Co. Philadelphia and London, 1935.
- [13] Jones M. N. (ed.) — *Biochemical Thermodynamics*. Elsevier Scient. Publ. Co. Amsterdam, 1979.
- [14] Katchalsky A., Curran P. F. — *Nonequilibrium Thermodynamics in Biophysics*. Harvard Univ. Press. Cambridge, USA Mass. 1967.
- [15] Kleiber Max — *Ogień Życia*. Państw. Wydawn. Roln. i Leśne. Warszawa, 1968.
- [16] Lauffer A. — *Entropy-driven Processes in Biology*. Springer-Verlag, Heidelberg—New York, 1975.
- [17] „LEBEN” *Kleine Enzyklopädie* — Veb Bibliographisches Institut, Leipzig, 1962.
- [18] Lwoff A. — *Biological Order*. The MIT Press, Cambridge, USA, Mass. 1962.
- [19] Lwoff A. — *L'ordre Biologique*. Robert Lafond, Paris 1969.
- [20] Morowitz H. J. — *Entropy for Biologists*. Acad. Press. New York and London, 1970.
- [21] *Poradnik Fizyko-Chemiczny*; wyd. II — Wydawn. Naukowo-Techn. Warszawa, 1974.
- [22] Schrödinger E. — *What is Life?* Cambridge. Univ. Press, 1944.
- [23] Shireby D. — *A Digest of Elementary Chemical Thermodynamics*. Sir Isaac Pitman & sons, LTD, London 1959.
- [24] Weiss P. B. — *Zarys Biologii*. PWN, Warszawa 1969.
- [25] Zalewski K. — *Wykłady z termodynamiki fenomenologicznej i statystycznej*. Wyd. IV. PWN, Warszawa 1976.

The Origin of Major Invertebrate Groups — M. R. House (red.) — The Systematic Association, Special Volume No. 12, Academic Press, London 1979, 515 str.

W dniach 19—21 IV 1978 r. odbyło się na Uniwersytecie Hull, w Kingston nad Hullem w Wielkiej Brytanii, pod auspicjami Systematics Association, sympozjum na temat pochodzenia ważniejszych grup bezkręgowców. Recenzowana książka przedstawia wyniki sympozjum, ujęte w 18 artykułów, opracowanych przez 20 autorów. Chociaż w sympozjum wzięło udział 125 uczestników z 13 krajów, autorami książki są wyłącznie Anglosasi, w tym 18 Brytyjczyków, 1 Australijczyk i 1 Amerykanin.

Celem sympozjum było spotkanie neontologów, paleontologów i geologów, dla przedyskutowania aktualnego stanu wiedzy na temat stosunków między królestwami świata żywego i pochodzeniem ważniejszych grup bezkręgowców.

Książka poświęcona jest pamięci prof. P. C. Sylvester-Bradleya, znanego paleontologa, wieloletniego profesora paleontologii na Uniwersytecie w Leicester, specjalisty od małżoraczków kopalnych oraz skamieniałości prekambryjskich. Peter Sylvester-Bradley zmarł na dzień przed otwarciem sympozjum, na którym miał wygłosić wprowadzający wykład. Książkę rozpoczyna niedokończony artykuł Sylvester-Bradleya „Preludium prekambryjskie”, przedstawiający aktualny stan badań na temat podziału świata żywego na królestwa, w oparciu w znacznym stopniu o analizę najstarszych skamieniałości. Od czasu ukazania się pracy R. H. Whittakera „New concepts of kingdoms of organisms” (Science, 163, 1969), oraz książki Lynn Margulis „Origin of Eukaryotic Cells” (Yale University Press, 1970), przyjmowany jest podział świata żywego na pięć królestw: *Monera* (*Prokaryota*), *Protista*, *Fungi*, *Plantae* i *Animalia*. Sylvester-Bradley omawia trudności tego najogólniejszego podziału, oraz głosy wykazujące że *Prokaryota* winny obejmować więcej niż jedno królestwo.

Uzupełnieniem niedokończonego artykułu Sylvester-Bradleya jest artykuł F. D. Forda, przynoszący przegląd skamieniałości prekambryjskich. Problem podziału świata żywego na królestwa omówiony jest również w artykule M. A. Sleigha, poświęconym radiacji i systematyce eukariotycznych *Protista*. Bardzo interesujący artykuł R. B. Clarka, znanego profesora zoologii na uniwersytecie w Newcastle przedstawia spojrzenia biologa na stosunki w obrębie współczesnych *Metazoa*, a artykuł M. D. Brassiera omawia gwałtowną radiację form kambryjskich. Tak więc pięć pierwszych artykułów poruszających najogólniejsze zagadnienia stosunków w obrębie świata żywego, jego podziału i wczesnych etapów rozwoju życia, wykracza nieco poza ramy ujęte tytułem książki.

Pozostałych 12 artykułów poświęconych jest pochodzeniu różnych grup bezkręgowców i stosunkom w ich obrębie, a ostatni, pióra redaktora książki M. R. House'a streszcza dyskusję nad omówionymi na sympozjum zagadnieniami. Pierwszy ze szczegółowych artykułów, którego autorem jest wybitny specjalista w dziedzinie badania kopalnych jamochłonów C. T. Scrutton, daje doskonały przegląd najstarszych przedstawicieli typu, oraz form pokrewnych i ocenę zawitych stosunków między nimi. W artykule tym, jak i w całej książce cytowane są prace polskich paleontologów i geologów zajmujących się faunami paleozoicznymi i prekambryjskimi (Adamczaka, Bednarczyka, Biernat, Dzika, Dżułyńskiego, Fedorow-

skiego, Kaźmierczaka, Kozłowskiego, Stasińskiej i Urbanka). Scrutton omawia również pracę amatorsko zajmującego się paleontologią prof. Włodzimierza Sedlaka, oceniając negatywnie jedyną pracę paleontologiczną tego autora, w której utworzył on nowy rząd dla niewiadomego pochodzenia struktur, znalezionych w kwarcytach kambryjskich w Górach Świętokrzyskich. Zdaniem Scruttona są to najprawdopodobniej utwory nieorganicznego pochodzenia.

Artykuł G. P. Lerwooda i P. D. Taylora omawia wczesną radiację i różnicowanie w obrębie mszywiolów, a artykuł A. D. Wrighta radiację ramienionogów, przy czym autor ten sugeruje niezależne wyodrębnienie się różnych grup ramienionogów od pozbawionych szkieletu prekambryjskich hipotetycznych form, nieformalnie nazwanych „Brachiophorata”. A. D. Wright nie wyciąga jednak z rozważań tych wniosków taksonomicznych i nie tworzy dla różnych grup ramienionogów niezależnego pochodzenia taksonów wyższej rangi. Pogląd Wrighta wywołał na sympozjum krytyczną dyskusję, zreferowaną w ostatnim rozdziale książki.

Dwa bardzo interesujące artykuły poświęcone są stawonogom. Pierwszy z nich, opracowany przez wybitnego paleontologa, profesora paleontologii na Uniwersytecie w Cambridge w Wielkiej Brytanii, H. B. Whittingtona przedstawia przegląd najstarszych stawonogów, ze szczególnym uwzględnieniem nowych wyników badań nad środkowo-kambryjską unikalnie zachowaną fauną z Burgess Pass w Kolumbii Brytyjskiej, badaną obecnie przez prof. Whittingtona i jego współpracowników. Drugi artykuł S. M. Manton i D. T. Andersona przynosi spojrzenie zoologów na stosunki w obrębie typu. Wszyscy autorzy stoją na stanowisku polifiletycznego pochodzenia stawonogów.

Historii mięczaków poświęcono 4 artykuły. Pierwszy z nich, opracowany przez paleontologa amerykańskiego Ellisa L. Yochelsona omawia stosunki rodowe w obrębie najstarszych mięczaków i form mięczakopodobnych. Yochelson polemizuje z poglądem Pojety i Runnegara (1976), na temat stosunków rodowych w obrębie najstarszych mięczaków i daje nowy schemat ich ewolucji i podziału, w którym wyróżnia 8 gromad mięczaków i 6 grup słabo poznanych, które przypuszczalnie również odpowiadają gromadom. Korzenie wszystkich tych grup są nieznanne i sięgają prekambru. Koncepcja Yochelsona spotkała się z ostrą krytyką Conway Morrisa, w recenzji opublikowanej na łamach Palaeontological Association Circular. Pozostałe artykuły dotyczące mięczaków poświęcone są ślimakom (A. Graham), wczesnym głowonogom (C. H. Holland) i małżom (N. J. Morris).

C. R. C. Paul omawia radiację szkarłupni, proponując podział ich na 5 podtypów: *Homalozoa*, *Blastozoa*, *Crinozoa*, *Asterozoa* i *Echinozoa*, stwierdzając, że odrzuca podtyp *Pelmatozoa*. Jednakże podział szkarłupni na *Pelmatozoa* i *Eleutherozoa* został zarzucony nie przez Paula, lecz już znacznie wcześniej. W „Treatise of Invertebrate Paleontology”, w tomie poświęconym szkarłupniom wydanym w 1967 r., G. U. Ubachs wyróżnił w obrębie szkarłupni 4 podtypy: *Homalozoa*, *Crinozoa*, *Asterozoa* i *Echinozoa*. Podział zaproponowany przez Paula, różni się od podziału przyjętego przez „Treatise” jedynie tym, że proponuje on zostawić w *Crinozoa* tylko liliowce (*Crinoidea*) i wprowadza nowy podtyp *Blastozoa*.

Krótki artykuł R. B. Rickardsa przynosi przegląd ewolucji graptolitów i form pokrewnych. Wreszcie ostatni z artykułów poświęconych przeglądowi radiacji większych grup systematycznych, pióra R. P. S. Jefferiesa nosi tytuł „The Origin of Chordates — a Methodological Essay”. W artykule tym R. P. S. Jefferies, który od 1967 r. opublikował kilka prac na temat pochodzenia kręgowców od *Calcichordata* (ustanowionego przez autora podtypu obejmującego paleozoiczne strunowce o szkieletie wapiennym, zaliczane dawniej do szkarłupni), rozwija swoją teorię. Jefferies proponuje obecnie wydzielenie w obrębie *Deuterostomia* nowej jednostki systematycznej rangi pod-nadtypu (sub-superphylum) *Dexiothetica*, dla objęcia

szkarłupni i strunowców, które zdaniem autora są bliżej ze sobą spokrewnione niż każda z tych grup z półstrunowcami, nie zaliczonymi do *Dextiothetica*. Znaczna część artykułu Jefferies'a poświęcona jest wyłożeniu podstaw kladystyki, na przykładzie stosunków rodowych w obrębie *Deuterostomia*.

Recenzowana książka stanowi jedno z najbardziej interesujących kompendiów jakie się ostatnio ukazały w literaturze dotyczącej historii świata żywego. Niewątpliwie powinna się ona znaleźć w bibliotece podręcznej wszystkich wykładowców zoologii, botaniki, biologii, paleontologii i ewolucjonizmu, oraz winni zapoznać się z nią autorzy podręczników z tych dziedzin, tak licealnych jak i uniwersyteckich. Niestety bowiem, we wszystkich polskich podręcznikach licealnych i bardzo wielu uniwersyteckich pokutuje stale tradycyjny podział świata żywego na dwa królestwa: roślin i zwierząt, nie mówiąc o wielu innych, nieaktualnych już poglądach.

Cena książki niestety nie zachęca do jej kupna: 32 i pół funta, a w przeliczeniu polskim aż 3900 zł.

Zofia Kielan-Jaworowska

R. A. Avery: Lizards — A Study in Thermoregulation. Studies in Biology No. 109. Edward Arnold (Publ.) Ltd., London, 1979, str. 56, cena £ 1.90

Ta niewielka książeczka jest kolejnym tomem popularnej angielskiej serii przedstawiającej obecny stan wiedzy z różnych dziedzin biologii i przeznaczoną dla nauczycieli i studentów. W serii tej pojawiły się opracowania zarówno o lizosomach czy wątrobie, jak i o morskim zooplanktonie i kodzie genetycznym.

Omawiany tom składa się z 7 rozdziałów mających na celu przedstawienie w sposób przystępny problemu termoregulacji u jaszczurek i spraw z tym związanych. Pierwszy z nich, dwustronicowy, jest wprowadzeniem przedstawiającym ewolucję i różnorodność gatunkową jaszczurek (bardzo ogólnie). Rozdział drugi przedstawia termoregulację jako klucz do biologii jaszczurek. Rozpoczyna się on od krótkiego wstępu z zaznaczeniem klasycznych prac Cowlesa i Bogerta z lat czterdziestych oraz wyjaśnieniem podstawowych pojęć dotyczących termoregulacji. W dalszej części omawia wpływ zachowania na utrzymanie optymalnej temperatury ciała oraz sprawy kontroli behawioru termoregulacji (rola oka ciemieniowego i podwzgórza). Rozdział trzeci autor poświęcił fizjologii i ewolucji homeotermii, czwarty zaś termoregulacji u dinozaurów, przedstawiając poglądy Bakker'a o ich prawdopodobnej endotermii. W rozdziałach 5 i 6 opisuje przystosowania termoregulacyjne w ciepłych środowiskach (pustynia, lasy tropikalne) i chłodnych (duże wysokości oraz warunki nocne). W ostatnim rozdziale zajmuje się zachowaniem socjalnym jaszczurek i dynamiką populacji. Na zakończenie autor zamieścił dodatkowe o hodowli jaszczurek w laboratorium.

Na pewno jest to świetny wstęp dla kogoś kto zaczął zajmować się tym zagadnieniem oraz dla wszystkich chcących rozszerzyć swoją przyrodniczą wiedzę. Należy jednak stwierdzić, że chociaż autor w zasadzie o wszystkim wspomniał, to czytając tekst czuje się pewien niedosyt, przynajmniej odnośnie niektórych problemów i trzeba będzie poszukać dokładniejszych informacji w cytowanej literaturze lub w innych opracowaniach tu nie wspomnianych. Nie umniejsza to oczywiście wartości książki jako pozycji popularnonaukowej i jako taka powinna znaleźć się w bibliotece nie tylko herpetologa.

Piotr Sura

Andrzej Ślebodziński „Zarys endokrynologii zwierząt użytkowych”, PWN, Warszawa 1979 r.

O znacznym postępie jaki dokonał się w badaniach endokrynologicznych zdecydowało w ostatnim dziesięcioleciu wprowadzenie nowych, rewolucjonizujących naszą wiedzę metod badawczych. Możliwość bardzo precyzyjnego, ilościowego oznaczania hormonów metodami radioimmunologicznymi, oznaczanie receptorów dla poszczególnych hormonów, metody autoradiograficzne, histochemiczne i histoimmunologiczne — spowodowały napływ ogromnej ilości nowych informacji o wewnętrznym wydzielaniu. Rozwój wspomnianych metod pozwolił na prowadzenie badań nie tylko na zwierzętach modelowych, laboratoryjnych, ale umożliwił wykonywanie wielu prac bezpośrednio na obiekcie zainteresowań a mianowicie na człowieku lub zwierzętach użytkowych. W ostatnich więc latach nagromadziła się obszerna wiedza endokrynologiczna dotycząca specyfiki procesów regulacyjnych u poszczególnych gatunków. Jak można było przypuszczać w szczegółowych mechanizmach działania hormonów i reakcjach tkanek docelowych, przy generalnym podobieństwie lub nawet analogii ogólnych zasad regulacyjnych istnieją dość znaczne odchylenia międzygatunkowe.

Endokrynologia nie jest wyodrębnionym przedmiotem nauczania na wydziałach weterynaryjnych lub zootechnicznych. Jest ona częścią fizjologii zwierząt. Szczupłe ramy podręczników akademickich z fizjologii zwierząt przeznaczonych dla studentów i program dostosowany do potrzeb i możliwości studenta na drugim roku studiów, na którym to nauczanie fizjologii ma miejsce, ograniczają zakres endokrynologii we wspomnianych podręcznikach. Jednak na starszych latach studiów seminaRIA dyplomowe i przygotowywane prace magisterskie na wydziałach zootechnicznych a egzaminy z patologii rozrodu lub chorób wewnętrznych — na wydziałach weterynaryjnych zmuszają studentów do szukania dodatkowych źródeł wiedzy, bardziej rozszerzonej i pogłębionej. Dobrze więc się stało, że wydana została książka zatytułowana „Zarys endokrynologii zwierząt użytkowych”, w której główny akcent — jak wynika z tytułu i treści jest skierowany na endokrynologię kilku gatunków zwierząt domowych. Książka jest napisana w sposób interesujący, jest starannie i dydaktycznie dobrze opracowana. Stanowi ona cenną pozycję wydawniczą. Autor potrafił zachowując przystępną formę oddać złożoność problematyki i ukazać postęp ostatniego dziesięciolecia. Wydaje mi się, że napisanie zarysu endokrynologii zwierząt użytkowych eksponującego specyficzne mechanizmy regulacyjne u kilku typowych gatunków zwierząt domowych byłoby zadaniem o wiele prostszym, gdyby na półkach księgarskich był łatwo dostępny podręcznik podstaw endokrynologii. W obecnej sytuacji wydawniczej przedstawienie specyfiki regulacji hormonalnej zwierząt użytkowych musiało być poprzedzone prezentacją podstawowych wiadomości z endokrynologii ogólnej. Stąd też w ok. 500-stronicowym podręczniku 80 str. druku zajmuje rozdział zatytułowany „Wiadomości ogólne” a w rozdziale zatytułowanym „Fizjopatologia układu dokrewnego. Część systematyczna” — prawie całość stanowią podstawowe dane o budowie poszczególnych gruczołów wewnętrznego wydzielania oraz biochemii i mechanizmie działania hormonów.

Dwa wymienione rozdziały zajmują ok. 300 str. Pozostałą część książki wypełnia głównie rozdział zatytułowany „Zagadnienia praktyczne i specjalne. Część problemowa”. W rozdziale tym została omówiona endokrynologia rozwojowa, endokrynologia samca i samicy, endokrynologia ciąży i laktacji, substancje neurohumoralne, feromony, wybrane zagadnienia endokrynologii ptaków i ryb oraz znaczenie hormonów w praktyce hodowlanej i farmakologia hormonów. Książkę zamyka słownictwo hormonów peptydowych, wykaz literatury uzupełniającej, źródła rysunków i tablic, skrowidz oraz tablice barwne.

Wyżej naszkicowana konstrukcja książki, którą autor kwalifikuje — jak pisze w przedmowie — jako podręcznik na poziomie kształcenia podyplomowego a jednocześnie podręcznik dla studenta i pracownika nauki a nawet praktyka w terenie wynika raczej z konieczności. Jeden podręcznik, choćby najbardziej starannie i dobrze przygotowany, a do takich należy omawiane dzieło, nie powinien służyć (początkującemu) studentowi, praktykowi, pracownikowi nauki lub absolwentowi specjalizującemu się na poziomie kształcenia podyplomowego. Uważam, że takie założenie prowadzi do naruszenia zasad racjonalnej dydaktyki a ponadto zuboża rynek wydawniczy. Byłoby pożądane, aby na półkach księgarskich istniał podręcznik podstaw endokrynologii zwierząt z przeznaczeniem dla studentów oraz szczegółowe, monograficzne opracowanie przeznaczone dla osób pogłębiających wiedzę z zakresu endokrynologii zwierząt użytkowych. Do odbiorców tego rodzaju podręcznika zaliczyłbym początkujących asystentów, doktorantów z dziedzin pokrewnych lub specjalizujących się w niektórych działach produkcji zwierzęcej uczestników studiów podyplomowych.

Piszę to przede wszystkim dlatego, że zamieszczone podtytuły wskazują na intencje autora i wydawnictwa, aby książka nie była wyłącznie podręcznikiem dla studentów uczących się fizjologii najczęściej na II roku studiów. Szereg podtytułów, jak np. zamieranie embrionów (str. 346), patologiczny brak rui (str. 346), cicha ruja (str. 347), rola hormonów w transporcie nasienia (str. 348), wczesne wykrywanie ciąży u krów (str. 376), wykrywanie ciąży u loch (str. 376) wskazuje na aspirację do szerszego, bardziej nawet praktycznego potraktowania zagadnienia. Często jednak pod wspomnianymi interesująco ujętymi podtytułami mieści się niezwykle skąpa treść, ograniczona do kilku lub kilkunastu wierszy druku. Jest to skutek, moim zdaniem — łączenia wiedzy podstawowej przeznaczonej dla studentów z częścią problemową, na którą po prostu zabrakło miejsca. Wydaje się, że wysokie wartości dydaktyczne zawartych treści w omawianej książce i kwalifikacje autora przemawiają za tym, aby w przyszłości pokusić się o wyodrębnienie w oddzielnym tomie lub książce części ogólnej endokrynologii zwierząt bardziej elementarnej, która stanowiłaby źródło wiedzy studenta od części problemowej, w której zostałyby wyeksponowane między innymi różnice międzygatunkowe zwierząt użytkowych i rozbudowano by wiedzę o mechanizmach regulacyjnych, o współdziałaniu regulacji nerwowej z hormonalną oraz o regulacjach na poziomie molekularnym u wybranych kilku gatunków zwierząt użytkowych. Szczególnie tej drugiej części odczuwa się wyraźny brak. Byłoby bardzo pożądane wydanie w najbliższych latach poszerzonej i pogłębionej wiedzy z tego zakresu w postaci oddzielnego tomu lub odrębnej książki. Uważam, iż byłoby pożyteczne, aby właśnie prof. Andrzej Słobodziński podjął się napisania tego dzieła, a Państwowe Wydawnictwo Naukowe wydania go w możliwie najbliższych latach.

Tadeusz Krzymowski

D. Bramwell (ed.): *Plants and Islands*. X + 459 str., 85 ryc., 28 tab. London — New York — Toronto — Sydney — San Francisco 1979, Academic Press. Cena 40.50 dol. USA. ISBN 0-12-125460-7.

Od czasów Karola Darwina flory i fauny wyspiarskie stanowią klasyczny obiekt dla badań nad procesami ewolucyjnymi. Niestety — gwałtowne przemiany, wywołane działalnością ludzką, szczególnie dotkliwie zaznaczyły się właśnie na wyspach, z których wiele uległo ostatnio doszczętnemu spustoszeniu; innym podobny los zagraża już w najbliższej przyszłości. Nasilenie badań biologicznych i wzmocnienie wysiłków w kierunku ratowania istniejących jeszcze resztek flor i faun wyspiarskich stało się więc sprawą szczególnie pilną. Ze zrozumienia tej

potrzeby zrodziła się omawiana książka, poświęcona co prawda wyłącznie botanicznym aspektom zagadnienia, lecz mająca niewątpliwie szersze, ogólnobiologiczne znaczenie.

Obejmuje ona zbiór 22 referatów, przedstawionych na międzynarodowym symposium w Las Palmas na Wyspach Kanaryjskich w kwietniu 1977 r. W symposium wystąpiło 24 mówców z 10 krajów, w tym 10 mówców z Wielkiej Brytanii. Tematykę obrad podzielono na cztery sekcje, poświęcone kolejno: genezie flor wyspiarskich, ewolucji i zjawisku endemizmu, niektórym kwestiom specjalnym oraz problemom ochrony szaty roślinnej. Sekcja traktująca o powstaniu i źródłach pochodzenia flor składa się z opracowań dotyczących Makaronezji (P. Sunding), Nowych Hebrydów (P. S. Green), wysp Morza Egejskiego (W. Greuter), wysp Oceanu Indyjskiego (S. A. Renvoize) oraz Małych i Wielkich Antyli (tylko w odniesieniu do paproci — R. Tryon). Szczególnie interesujący jest tutaj referat D. M. Moore'a, krytycznie omawiający powiązania pomiędzy florami wyspiarskimi w każdej ze stref umiarkowanych i naświetlający znaczenie spontanicznych wędrówek na duże odległości, utrzymywania się starych reliktyw i roli człowieka dla powstania tych powiązań. W sekcji poświęconej procesom ewolucyjnym i zjawisku endemizmu jako tereny przykładowe omówiono: wyspy zachodniej części Morza Śródziemnego (M. A. Cardona, J. Contandriopoulos), obszar makaronezyjski (C. J. Humphries), Galapagos (D. M. Porter) i Nową Zelandię (tylko porosty — D. J. Galloway). Sekcja tematów specjalnych jest mocno niejednorodna, obejmuje bowiem referat o biologii rozmnażania się roślin wyspiarskich (E. Ehrendorfer), analizę powiązań pomiędzy postacią życiową rośliny różyczkowej o zgrubiałym pniu (typu *Dendrosenecio*) a warunkami wyspiarskimi (D. J. Mabberley), mocno kontrowersyjne wywody na temat rozmieszczenia wyspiarskich i kontynentalnych przedstawicieli rzędu *Magnoliales* i kolebki roślin okrytozalążkowych (M. Guédès), zarys kariologii flory kanaryjskiej (L. Borgen) oraz opracowania dotyczące ewolucji makaronezyjskich przedstawicieli rodzajów *Sonchus* (A. Aldrige) i *Dryopteris* (M. Gibby). Sekcja końcowa, poświęcona problemom ochrony szaty roślinnej, zajmuje się zarówno zagadnieniami lokalnymi (Galapagos — H. van der Werff, Madagaskar — W. Rauh), jak i ogólnymi: stopniem zagrożenia flor wyspiarskich (R. Melville), rolą ogrodów botanicznych w ratowaniu gatunków ginących (A. H. M. Syngé) i działalnością Komitetu Roślin Zagrożonych (TPC) Międzynarodowej Unii Ochrony Przyrody (G. L. Lucas). Zamyka ją wypowiedź V. H. Heywooda na temat przyszości flor wyspiarskich, daleka od jednoznacznego optymizmu.

Omawiana książka jest lekturą pasjonującą. Pewną nierównowagę i heterogeniczność tematyczną, nieuniknioną przy tego rodzaju opracowaniach zbiorowych, rekompensuje z nawiązką bogactwo faktów i koncepcji w poszczególnych rozdziałach. Książka daje interesujący i wielostronny obraz aktualnej problematyki badań botanicznych na wyspach oraz problemów ochrony przyrody tych obszarów. Zasluguje na baczność uwagę wszystkich, zainteresowanych genezą i historią flor, procesami ewolucyjnymi i ochroną różnorodności świata roślin.

Jan Kornaś

D. S. Letham, P. G. Goodwin and T. J. V. Higgins (Eds.): *Phytohormones and Related Compounds — A Comprehensive Treatise*; vol. I: *The Biochemistry of Phytohormones and Related Compounds* (s. XXVI+641); vol. II: *Phytohormones and the Development of Higher Plants* (s. XXVI+648). Elsevier/North-Holland Biomedical Press, Amsterdam, Oxford, New York 1978. ISBN 0-444-80053-0 (vol. I), ISBN 0-444-80074-9 (vol. II), ISBN 0-444-8005-4-9 (całość); cena 8800 zł.

Celem tej dwutomowej monografii było przedstawienie struktury i opisanie funkcji pięciu grup fitohormonów — znanych obecnie, oraz wielu substancji

aktywnych jako regulatory wzrostu roślin, chociaż nie zaliczanych do fitohormonów. Zamierzenie ogromne, zdawałoby się niewykonalne! Można się było zadania stworzenia takiego dzieła podjąć tylko poprzez zaproszenie do napisania poszczególnych rozdziałów tych uczonych, którzy tworzyli i tworzą podwaliny wiedzy o chemicznych regulatorach wzrostu i rozwoju roślin, oraz wiedzy o funkcjonowaniu rośliny jako obiekcie niewyobrażalnie skomplikowanym, opartym o chemię lecz żywym.

Historię odkryć w dziedzinie fitohormonów oraz najważniejsze kierunki badań bieżących omówiono w rozdziale pierwszym (D. S. Letham, T. J. V. Higgins, P. B. Goodwin i J. V. Jacobsen), traktowanym jako wprowadzenie do przedmiotu. Następne rozdziały tomu I poświęcono auksynom (Elnora A. Schneider i F. Wightman), giberelinom (J. E. Graebe i H. J. Roper), cytokininom (D. S. Letham), etylenowi (Daphne J. Osborne), kwasowi abscyzowemu (B. V. Millbourn), przy czym w każdym przypadku omówiono chemizm, biosyntezę, metody identyfikacji i oznaczania, metabolizm w powiązaniu z działaniem czynników zewnętrznych, najważniejsze właściwości biologiczne itp. Z kolei D. S. Letham omówił naturalnie występujące regulatory wzrostu, nie zaliczane do fitohormonów.

Część drugą tomu I poświęcono omówieniu powiązań fitohormonów z subkomórkowymi modyfikacjami strukturalnymi (T. J. V. Higgins i J. V. Jacobsen) przy czym skoncentrowano się na zagadnieniu membran i miejsc receptorowych, ścian komórkowych, transporcie fitohormonów oraz ich wpływowi na układ i redystrybucję składników komórkowych. Następnie ci sami autorzy omawiają wpływ fitohormonów na metabolizm komórkowy (rozdz. 9), na replikację i transkrypcję (rozdz. 10) a na koniec zagadnienie posttranskrypcyjnej, translacyjnej i posttranslacyjnej aktywności regulatorów wzrostu (rozdz. 11).

Tom II, pisany przez osiemnastu autorów, ma charakter bardziej biologiczno-fizjologiczny. Omówiono powiązania fitohormonów z wzrostem i różnicowaniem komórek i tkanek hodowanych *in vitro* (P. M. Gresshoff), z wzrostem wegetatywnym i rozwojem organów, zwłaszcza owoców (P. G. Goodwin). W rozdz. 4 i 5 przedyskutowano zagadnienie udziału fitohormonów w korelacjach wzrostowych (P. B. Goodwin, B. I. Gollnow i D. S. Letham) oraz w orientacji wzrostu (L. Reinhold), a następnie udział fitohormonów w formowaniu kwiatów (J. A. D. Zeewart), procesach starzenia (L. D. Noodén i A. C. Leopold), dojrzewaniu owoców (W. B. McGlasson, D. L. Wade i I. Adato). Rolę fitohormonów w kiełkowaniu i indukcji stanu uśpienia nasion i pąków omówili A. A. Khan i K. L. Tao oraz P. Saunders. S. T. C. Wright zreferował zagadnienie powiązań fitohormonów z reakcjami roślin na warunki stresowe, a Pauline Penny i D. Penny przedstawili problem „szybkich” reakcji tkanek roślinnych na fitohormony. Na koniec S. H. Wittwer dyskutuje zastosowania praktyczne fitohormonów i regulatorów wzrostu w rolnictwie, wskazując na ogromne możliwości, dotąd nie wykorzystane.

Każdy rozdział kończy wykaz literatury oryginalnej (łącznie tysiąc pozycji). Całość uzupełniają indeksy rzeczowe i indeksy nazw gatunkowych, oraz setki schematów, rysunków i tabel, dobranych bardzo starannie. Wysokim walorem merytorycznym dzieła nie ustępuje wysoka jakość edytorska; sporadycznie spotykane „literówki” (np. Jaffa zamiast Jaffe na str. 398 v. I) nie mają większego znaczenia, jako iż łatwo je skorygować.

Mimo iż jest to dzieło wieloautorskie, całość jest dość jednolita pod względem ujęcia treści i stylu wypowiedzi. I mimo trudnych treści, jest to dzieło stosunkowo łatwo przyswajalne, dzięki ogromnemu doświadczeniu dydaktycznemu i popularyzatorskiemu każdego z autorów, znanych z dziesiątków publikacji i wystąpień publicznych. Powstało dzieło w dosłownym sensie fundamentalne. Powinno się ono znaleźć na półce każdej biblioteki akademickiej, i na półkach prywatnych biblio-

tek wielu polskich naukowców i praktyków, zainteresowanych zarówno zagadnieniem głębszego poznania mechanizmów chemicznej regulacji procesów wzrostu i rozwoju roślin, jak i zagadnieniem wykorzystania fitohormonów i regulatorów wzrostu do zwiększenia plonów w rolnictwie, sadownictwie, warzywnictwie..

Jednak cena, przekraczająca miesięczną pensję nie tylko adiunkta, ale i jednego profesora sprawi, że to podstawowe dzieło nie dotrze do rąk tych, którym byłoby najpotrzebniejsze — do rąk adeptów fizjologii i biochemii roślin oraz rolnictwa, którzy decydować będą o stanie tych dziedzin wiedzy i produkcji w naszym kraju już za lat kilka, kilkanaście. Cena jest zresztą i tak bez znaczenia, w świetle już 17-letniej niemożności zakupywania książek angielskich przez polskich naukowców, nie będących członkami PAN. W tym kontekście miło widzieć, że na łamach omawianej monografii stosunkowo licznie cytowane są prace, wykonane w Polsce. Potwierdza to starą prawdę, iż mamy wspaniałą kadre, która entuzjazmem, ostrością intelektualną i szczerą pracą nadrabia braki w technicznym wyposażeniu pracowni.

J. Stanisław Knypl

Rudolf Andorka, *Determinants of fertility in advanced societies*. Mathuen and Co Ltd, London 1978, stron 431, cena nie podana.

Płodność jest w biologii, socjologii, demografii przedmiotem bardzo wnikliwych studiów. Szczególne jest znaczenie wskaźników płodności jako mierników biologicznego sukcesu populacji. Nieco inna jest wymowa wskaźników płodności w populacjach ludzkich, a to w związku z kulturowymi (w tym medycznymi) modyfikacjami tego zjawiska. W społeczeństwie, w miejsce biologicznej grupy czynników, o skali płodności decydują przesłanki społeczne i ekonomiczne. W związku z tym istnieją zasadnicze różnice w strukturze płodności (pod względem ilości, przeżywalności, wieku rodziców itp.) w populacjach krajów rozwiniętych gospodarczo oraz krajów rozwijających się. Co jednak ciekawe, autor nowo wydanej książki na ten temat, dr Rudolf Andorka, analizując w niej jedynie populacje „zaawansowanych” społeczeństw — wyłącza z tej grupy Japonię. Wskazuje, że jest ona niewątpliwie krajem wysoko uprzemysłowionym, mimo że znajduje się dopiero na początku przekształceń demograficznych i pod względem płodności przypomina raczej kraje rozwijające się. W recenzowanej książce autor nawiązuje do bogatych tradycji demograficznych Węgrów, a szczególnie ich badań w latach 60-tych, kiedy to w wyniku ujemnego przyrostu naturalnego nastąpiło żywe zainteresowanie problematyką płodności. Prace Acsadi, Nemeskeregó w zakresie paleodemografii i wielu innych, stanowią po dziś dzień klasyczne pozycje w tym zakresie.

Książka „Determinanty płodności w rozwiniętych społeczeństwach” składa się z 6 części. Po wstępie metodologicznym, przedstawione są główne teorie płodności — a to teoria Malthusa, teoria przekształceń (transition) demograficznych oraz teoria ekonomiczna.

Część 3 omawia determinanty płodności w minionych wiekach opierając się na źródłach pisanych, przede wszystkim gromadzonych w parafiach. Pierwsze takie źródła znane są w Europie począwszy od 1334 r. z Givry w Burgundii, w Anglii tego rodzaju rejestry wprowadzono z polecenia T. Cromwella w 1538 r. w całym kraju, w Niemczech w 1524 r. itd. Innym źródłem są dane genealogiczne gromadzone przez rodziny. Autor analizuje dane począwszy od XVI w. dla Anglii, Belgii, Francji, Niemiec, Szwajcarii, Hiszpanii, USA, Kanady, Szwecji, Estonii, Węgier, według wieku matek od 15 do 49 lat. Analizując wiek wchodzenia w związki

mażeńskie autor znajduje, że w XVI—XVII w. wczesne małżeństwa powodowały większą płodność (rzędu 5—7 osób), podczas gdy obecnie nie odgrywa to poważniejszej roli gdy małżeństwo zostaje zawierane w wieku 15—29 lat, dopiero przy późnych małżeństwach obserwuje się mniejszą płodność. Niezmiennie z biologicznego punktu widzenia ciekawe są dane dotyczące przerw między porodami — przerwy te ulegały w zasadzie wydłużeniu od XVI do XIX w., przy zachowaniu jednak najkrótszej przerwy między 1 i 2 dzieckiem (rzędu 11 mies. w XVI w., a 35 mies. w XIX w.) i niedużych różnic między następnymi ciążami (w XVI w. ok. 25—30 mies — w XIX w. 45—47 mies.). Przegląd tabel zestawionych w tym rozdziale jest wręcz pasjonujący, dając pogląd i na wpływy religijne, rolę grup społecznych i sytuacji ekonomicznej (co ciekawe, np. w XVIII w. tak rolnicy jak i rodziny arystokratyczne najczęstszy wiek matki w chwili rodzenia pierwszego dziecka — wykazują w tej samej grupie 20—24 lat, jednak u arystokratów już w następnej grupie wieku częstość porodów jest o połowę rzadsza — gdy u robotników i rolników niemal taka sama aż do 40 roku życia). Autor przytacza dane dotyczące średniego wieku wchodzenia w związki małżeńskie począwszy od XIV w. dla szeregu krajów europejskich. Liczne tabele zestawione są przejrzyście i stanowić mogą materiał dla dodatkowych analiz z punktu widzenia genetyki populacyjnej, który to punkt widzenia autora książki mniej interesuje.

Czwarta część książki poświęcona jest analizie danych dotyczących społecznych determinantów płodności — przytaczając dane dla XIX i XX w. w zakresie wskaźników urodzeń i zgonów. Dla Polski dane sięgają ostatnich lat XIX w., z cytowanych krajów są to dane najpóźniejsze. Interesujące są dane dla Rosji przedrewolucyjnej, gdzie wskaźniki urodzeń w latach 1861—1913 spadły z 50,7 do 43,9 na 1000 osób, podczas gdy zgonów z 36,5 na 27,1. Polska wykazywała podobne wielkości przyrostu naturalnego bardzo dużego, jednak przy niższych wskaźnikach tak urodzin, jak i zgonów. Materiały analizowane są według regionów geograficznych i rodzaju środowiska. Ciekawa jest na przykład analiza płodności na wsi i w mieście w różnych państwach, zależnie od intensywności migracji. Różnice w płodności są większe między miastami i wsiami, np. w Anglii, gdzie migracje są małe, w tym ostatnim kraju w pewnych okresach wskaźniki płodności bywały nawet minimalnie większe niż w mieście, co jest raczej rzeczą niezwykłą.

Część piątą analizuje ściśle społeczne przyczyny odmiennej płodności. Autor wykazuje tu między innymi, że stałość zatrudnienia i „pewność jutra” jest czynnikiem sprzyjającym posiadaniu dzieci, w rodzinach gdzie miały miejsce częste redukcje zarobków lub bezrobocie aż 49% małżeństw było bezdzietnych, podczas gdy w ustabilizowanych tylko u 21% małżeństw (dane dla USA). Jednakże przy stałym zatrudnieniu wysokość zarobków nie miała większego wpływu na liczbę tak posiadanych, jak i oczekiwanych dzieci. Autor przytacza jednak polskie badania, z których wynika że przy zarobkach miesięcznych poniżej 3 tys. zł oraz ponad 8 tys. zł., występuje inny związek między dochodami a liczbą potomstwa (im większy zarobek, tym więcej potomstwa), podczas gdy w granicach od 3 do 8 tys. zł im wyższy jest dochód miesięczny, tym dane małżeństwa mają mniej dzieci (Roeske-Słomki 1974 — weryfikujące hipotezę Smolińskiego). Analizując natomiast różne warstwy społeczne w USA autor stwierdza większą płodność w warstwie farmerów, aniżeli robotników, a u tych wyższą niż w warstwach inteligenckich — te dwie ostatnie warstwy wykazywały tym niższe współczynniki płodności, im wyższy był ich status ekonomiczny. Można więc tu mówić o pewnym wzorcu zachowań, modzie na rodzinę określonej wielkości. Moda ta zresztą wykazuje pewne fluktuacje w czasie. Związek płodności z wykształceniem nie jest jednoznaczny, w wielu krajach brak jest takiego związku — tam gdzie on występuje (np. w Polsce i ZSRR) idzie on po linii związku między wykształceniem a klasą społeczną — to jest rodziny o niższym wykształceniu i statusie społecznym wykazują

większą liczbę potomstwa. Analizując przynależność religijną autor stwierdza większą płodność w rodzinach katolickich, co przypuszczalnie wiąże się z zakazem stosowania środków antykoncepcyjnych, przerywania ciąży itp. Niską płodność wykazują rodziny protestanckie, najniższą żydowskie. W rodzinach katolickich płodność jest wyższa w rodzinach praktykujących niż w mniej aktywnych religijnie, co potwierdza poprzednio wyrażone przypuszczenie. Autor cytuje również dane Uralnisa dotyczące płodności niektórych narodów ZSRR, najmniejszą płodnością charakteryzują się kraje przybałtyckie — największą ludy Azji Środkowej (odpowiednio ok. 12 i ok. 45), o ile dla Rosjan największa płodność występuje w wieku 20—24 lat, to dla Czuwaszów w wieku 25—29 lat.

Autor rozważa także psychologiczne aspekty płodności, wreszcie politykę prokreacyjną. Książkę kończy część szóstą dając krytyczny przegląd teorii płodności w świetle materiałów analizowanych w monografii — autor prezentuje pogląd, że we współczesnych społeczeństwach kompleks czynników ekonomicznych i społecznych determinuje płodność — dominując nad rzeczywistą płodnością biologiczną. Krytycznie omawiając ekonomiczną teorię Beckera (1960) oraz teorie społeczne, nie w pełni jednak godzi się z poglądami ekonomiczno-socjologicznej teorii Easterlina (1969, 1975). Ten ostatni uważa, że liczba dzieci jest wypadkową dochodów rodziny, kosztów ponoszonych w związku z posiadaniem dzieci, jednak i pewnych wzorców kulturowych, które włączają dziecko do grupy czynników dających rodzinie różnorodne odczucia satysfakcji. Autor wskazuje, że kontrola urodzin ma mały bądź krótkotrwały wpływ na płodność populacji. Proste metody zapobiegania znane były niemal we wszystkich epokach i wszystkich społeczeństwach. Niestosowanie ich więc świadczy o słabej motywacji w zakresie ograniczania liczby dzieci — a nie bezradności wobec sił natury. Autor uważa, że dotychczasowe osiągnięcia metodologiczne oraz istniejące teorie nie są dostatecznym narzędziem poznania, a tym samym sterowania procesem płodności. Zadanie to, wobec dynamiki zjawisk demograficznych — eksplozji ludności w jednych krajach, a ujemnego przyrostu w innych, ma podstawowe znaczenie biologiczne, społeczne i ekonomiczne. Mam wrażenie, że biologiczna wymowa przedstawionych w książce faktów jest olbrzymia i nie tylko dla demografów, socjologów i ekonomistów — lecz i dla biologów byłoby interesujące, gdyby książka została uprzystępniona polskiemu czytelnikowi.

Książka zaopatrzona jest w wykaz cytowanego piśmiennictwa zawierającego ponad 800 pozycji. Zawiera także indeks nazwisk oraz zagadnień.

Napoleon Wolański

Dawid L. Armand. Nauka o krajobrazie — podstawy teorii i metody logiczno-matematyczne. PWN Warszawa 1980, 336 str. 11 tab., 67 ryc. Tłum. J. Kondracki

Badania krajobrazu stały się domeną co najmniej kilku dziedzin współczesnej nauki. W toku syntezy wiedzy o krajobrazie wiodącą rolę odgrywają nadal geografowie, jednak znaczący wkład w badania i wynikające z nich praktyczne kształtowanie krajobrazu wniosły inne nauki przyrodnicze — ekologia i szeroko pojęta biologia środowiska. Kształtowaniem krajobrazu zajmują się również architekci, ekonomiści i in. Autor niniejszego podręcznika jest głęboko przekonany, że geograf krajobrazu jest tym uczonym, którego przygotowanie teoretyczne oraz podejście metodyczne upoważnia do zajmowania nadrzędnej pozycji wobec tych wszystkich badaczy krajobrazu, którzy działają na polu innych niż geografia dziedzin wiedzy. Adresatem podręcznika jest więc geograf, a wiedza zawarta w podręczniku obejmuje w zamierzeniu autora podstawy teoretyczne i metodyczne nauki o krajobrazie.

Zamierzenia autora nie zostały jednak uwieńczone sukcesem. Podstawowym mankamentem książki jest rozwlekły i nieprecyzyjny styl autora, zaś fatalne tłumaczenie, niezbyt starannie zweryfikowane przez redakcję wydawnictwa, utwierdza czytelnika w przekonaniu, że ma do czynienia z dziełem mało wartościowym.

Do najlepszych części podręcznika należą rozdziały 2–6, w których autor omawia oryginalne metody matematyczne (statystyka, rachunek macierzy) i logiczne, użyteczne w badaniach i klasyfikacji krajobrazu. Warto podkreślić, iż szereg proponowanych przez Armanda metod ma charakter uniwersalny i może być zastosowana w innych dziedzinach wiedzy, szczególnie tam, gdzie mamy do czynienia z typologią czy klasyfikacją. Spośród pozostałych trzech rozdziałów pretendujących do roli podstaw teoretycznych nauki o krajobrazie, najbardziej czytelny jest rozdział pierwszy. Jednak wykład teorii jest mało przejrzysty i chaotycznie napisany. Rozdział 7, poświęcony ekologii krajobrazu, szczególnie uwypukla znaczenie energetyki ekosystemów w badaniach krajobrazowych. Niestety, poziom wiedzy ekologicznej prezentowany w tym rozdziale odbiega wyraźnie od poziomu współczesnej ekologii. Rozdział 8 opatrzony niezgrabnym tytułem „krajobrazoznawstwo konstruktywne” jest najgorszym rozdziałem w całym podręczniku. W zamyśle autora miały się tu znaleźć teoretyczne podstawy kształtowania i ochrony środowiska, jednak forma przedstawienia tych zagadnień jest wyjątkowo niezgrabna. Należy podkreślić, że za nieudolność formalną czy rozwlekłe opisywanie zjawisk, metod czy terminów odpowiedzialny jest w znacznej mierze tłumacz książki, którego nieporadne zdania, rażące ruscyzmy czy nowotwory językowe poważnie obniżają poziom prezentowanego dzieła.

Poniżej przytaczam kilka najbardziej rażących sformułowań, których w książce jest wiele: str. 57 — „Teoretyczna postać prawidłowości jest wyższą formą wiedzy. Wykazuje ona iluzoryczność poszczególnych prawidłowości, ale potwierdza przekonanie o zgodnej z prawami przyrody budowie Wszechświata. Ma ona szczególne znaczenie praktyczne, ponieważ tylko ona pozwala wiarygodnie prognozować przyszły przebieg procesów...”, str. 263 — „Konkurencja obejmuje osobników tak jednego, jak i różnych gatunków, zajmujących tę samą niszę ekologiczną...”, str. 266 — „Biomasa różnych owadów ma bardzo zróżnicowaną wartość energetyczną, zależną od jej składu chemicznego. Na przykład przy tej samej masie mrowka wykazuje znacznie większą aktywność niż gasienica, której ciało składa się głównie z wody...”, str. 268 — „Woda dawno zrównałaby powierzchnie wszystkich lądów i zmyła je do oceanu, gdyby nie istniał taki potężny bufor, jakim jest szata roślinna...”, str. 294 — „Inaczej mówiąc granicznie dopuszczalna koncentracja jest to początek niedobrego samopoczucia...”, str. 300 — „Można przewidzieć, że zostanie ustalony dla każdego kraju limit na wyrzucanie dwutlenku węgla do atmosfery i na jego pochłanianie przez roślinność...”, str. 311 — „Fabryka jest tylko fabryką, a wieś — wsią...”, str. 314 — „...Myślistwo jako rozrywka hańbiąca człowieka nie powinno być dozwolone...”

Niekompetencja tłumacza uwypukla się bardziej w takich sformułowaniach jak: „...metoda naruszająca życie organicznych komponentów...” str. 242; „...niespokojne zachowanie się wód...” str. 248; „...albo jeden gatunek zostanie wyparty, albo obydwie rozrzedzą się na tyle, że wspólne istnienie stanie się dla nich nieodczuwalne...” str. 263; a także przy tłumaczeniach terminów fachowych np. nazywanie potomstwa zwierząt dziećmi — str. 265, biocenozy — biotą str. 267, chwytaczysciółki — łapaczkami — str. 266, itp.

Podsumowanie oceny podręcznika można ująć w postaci alegorii: w tym cieście jest za mało rodzynek, a za dużo zakalca...

INDUKCJA ZAKWITANIA EMBRIOIDÓW ŻEŃSZENIA W KULTURACH KALUSOWYCH KORZENIA *

Późne zakwitanie spowodowane długą fazą juvenilną — trwającą czasem latami — jest poważnym problemem w uprawie wielu roślin. Żeńszeń (*Panax ginseng* C. A. Meyer) w warunkach polowych kwitnie zwykle po trzech latach. Autorzy z Instytutu Botaniki Chińskiej Akademii Nauk w Taipei donoszą o wczesnym, powtarzalnym kwitnieniu embrioidów żeńszenia, wytwarzanych *in vitro* z kalusów dojrzałego korzenia tej rośliny. Embrioidy te wytwarzają kwiaty z płodnym pyłkiem, choć nie tworzą normalnych nasion.

Po raz pierwszy o somatycznej embriogenezie *in vitro* zachodzącej w kulturze kalusów otrzymanych z różnych tkanek żeńszenia (liść, ogonek liściowy, łodyga) doniosła w 1968 r. Butenko z współpracownikami z Instytutu Fizjologii Roślin Akademii Nauk ZSRR. Jednak próby zregenerowania całej rośliny z tych embrioidów nie powiodły się. Obecnie Wei-chin Chang i Yue-ie Hsing donoszą o dobraniu warunków sprzyjających takiej regeneracji. Tkanek kalusową otrzymano przez umieszczenie dojrzałego korzenia żeńszenia na pożywce syntetycznej wg Murashige i Skooga z dodatkiem stosunkowo wysokiej dawki kwasu 2,4-dwuchlorofenoksyoctowego (2,4-D, 5 mg l⁻¹) i kinetyny (2 mg l⁻¹). Z kolei kalus pasażowano na pożywcę podstawowej z dodatkiem 2,4-D (2 mg l⁻¹), kinetyny (1 mg l⁻¹) i N⁶-(Δ^2 -izopentenyl)-adeniny (2iP, 1 mg l⁻¹), w ciemności w temperaturze 26°C. Embrioidy otrzymano redukując w pożywce stężenie 2,4-D o połowę i pomijając kinetynę oraz 2iP. 2—3 mm embrioidy izolowano i umieszczano w pożywce podstawowej rozcieńczonej dwukrotnie, uzupełnionej benzyloadeniną (BA 1 mg l⁻¹) i kwasem giberelinowym (GA 0,5—1 mg l⁻¹).

Dobrze zbudowane kwiaty powstawały, gdy embrioidy hodowano w temperaturze 26°C przy 16-godz. fotoperiodzie. Oba liścienie hodowanych embrioidów tworzyły zgrupowania nieorganizowanej, zielonej tkanki. Merystem wierzchołkowy lokował się między dwoma liścieniami przekształconymi na szypułki zakończzone baldachem prostym z 3—15 kwiatami. Kwiaty te miały średnicę ok. 2—3 mm. Każdy kwiat składał się z 5-zębego, zielonego kielicha, 5 żółto-zielonych płatków, 5—10 krótkich pręcików z podługznymi pylnikami i 2 zielonych słupków; ok. 90% ziaren pyłku było płodnych. Wykazano tym samym, że w określonych warunkach embrioidy żeńszenia są zdolne do wytwarzania kwiatów. Zamiast typowego dla żeńszenia trzyletniego oczekiwania na koniec fazy juvenilnej, można otrzymać kwiaty już po jednym miesiącu sterylnej hodowli embrioidów. Jest to tym samym doskonały model do badań nad kwitnieniem.

Małgorzata Bruszezwska

* Wei-chin Chang, Yue-ie Hsing „In vitro flowering of embryoids derived from mature root callus of ginseng (*Panax ginseng*)”. *Nature* 284, str 341—342, 1980.

POBUDZENIE SYNTEZY WITAMINY D₃ PRZECZ ULTRAFIOLET
W ROŚLINIE ZIELONEJ*

Witaminy D są grupą związków sterolowych, które występują w przyrodzie głównie w organizmach zwierzęcych. Najważniejszymi witaminami D są witamina D₂ (ergokalcylferol), występująca w świecie roślinnym oraz witamina D₃ (cholekalcyferol) syntetyzowana przez wyższe kręgowce. Cholekalcyferol i jego metabolity biorą udział w regulacji metabolizmu wapnia i fosforu u wyższych kręgowców. Pochodna cholekalcyferolu, 6,7-prekalcyferol powstaje przez fotoreakcję (długość fali 250—310 nm) z 7-dehydrocholesterolu, który występuje w skórze lub na niej. Metabolit cholekalcyferolu, 1,25-dwuhydrocholekalcyferol, może być syntetyzowany w nerkach małp i ptaków, został też wykryty u dwóch gatunków z rodziny psiankowate (*Solanaceae*) w latach 1976—79.

Autorzy przedstawionej pracy po raz pierwszy wykazali, iż synteza witaminy D₃ zależna od światła UV może zachodzić w roślinach autotroficznych. Obiektem badań była trawa *Trisetum flavescens*. Stwierdzili oni, iż aktywność cholekalcyferolu zależy od naświetlania roślin światłem UV; nawet krótkie, pojedyncze impulsy ultrafioletowe mogą powodować znaczną zmianę aktywności tego związku. Radiacja UV może być więc czynnikiem limitującym syntezę cholekalcyferolu w roślinach w ich naturalnych warunkach. Aktywność witaminy D₃ jest zlokalizowana głównie w liściach *T. flavescens*. Zawartość tego związku badana różnymi metodami (test skorupki jaja przepiórki, test szczura, chromatografia gazowa, chromatografia wysokociśnieniowa) wynosi 0,05 do 0,15 mg w przeliczeniu na kg suchej masy roślin. Wydaje się, że stężenie cholekalcyferolu nie zależy ani od stadium rozwojowego rośliny, pierwszego i drugiego pokosu, rodzaju gleby, regionu geograficznego ani wysokości od poziomu morza. Nie stwierdzono również różnic pomiędzy pięcioma hodowanymi odmianami *T. flavescens* w aktywności witaminy D₃. Jednakże, ściśle spokrewniony gatunek *Trisetum elatior* (*Avena elatior*, *Arrhenatherum elatius* L.) nie wykazywał aktywności. Zdaniem autorów ich odkrycie może wyjaśnić nie rozwiązane dotąd zagadnienie występowania witaminy D₃ w wątrobie tych gatunków ryb, które jak to ostatnio stwierdzono, nie są zdolne do syntezy i później metabolizmu cholekalcyferolu przy braku światła UV. Istnieje możliwość, że ryby te odżywiają się dotąd niezidentyfikowanym fitoplanktonem, który pod wpływem promieni UV może syntetyzować witaminę D₃.

Funkcja witamin D w komórkach roślinnych jest nieznaną, jednakże Buchala i Schmidt w 1979 r. stwierdzili, iż analogi witaminy D₃, jak również ona sama wpływają stymulująco na ryzogenezę.

Krystyna Janas

ROZTWORY KWASOWE INDUKTOREM EKSCYSTACJI U *GIARDIA* IN VITRO

Pasożytnicze wiciowce z rodzaju *Giardia* występują u wielu kręgowców, w tym również u ludzi. Cykl życiowy tych pasożytów obejmuje stadia cysty i trofozoitu. Zarażenie następuje przez połyknięcie cyst, które uwalniają w dwunastnicy trofozoity. Inwazja obejmuje przede wszystkim jelito cienkie, ale nieraz także drogi żółciowe i pęcherzyk żółciowy. Chociaż badania nad procesem ekscystacji u *Giardia* trwają już ok. 50 lat, warunki indukcji tego procesu nie zostały jeszcze określone.

* Hermann Zucker, Heidi Stark and Walter A. Rambeck „Light-dependent synthesis of cholecalciferol in a green plant”. *Nature* 283, pp. 68—69, 1980.

Alan K. Bingham i Ernest A. Meyer¹, próbując zidentyfikować czynnik (lub czynniki) odpowiedzialne za indukcję ekscystacji, poddali cysty uzyskane z kału ludzi i zwierząt działaniu syntetycznego soku żołądkowego (pH 1,6), który zawierał NaHCO_3 , KCl , NaCl , CaCl_2 i pepsynę, pożywki wzrostowej dla *Giardia* oznaczonej HSP-3 oraz wody. Stopień ekscystacji pod wpływem HSP-3 i wody był bardzo niski (0,1%), natomiast w przypadku soku żołądkowego pełnego i o zmienionych składnikach wynosił 22–26%. Sole i pepsyna nie wykazywały istotnego wpływu na poziom ekscystacji pod wpływem roztworów soku żołądkowego, co wskazuje, że sam HCl posiada zdolność indukowania tego procesu.

Autorzy przebadali również wpływ pH wodnego roztworu HCl na poziom ekscystacji (w przedziale 0,5–6,8). Maksymalny wpływ stwierdzili dla pH 1,3–2,7. W celu określenia czy czynnikiem indukującym jest jon wodorowy, chlorkowy, czy też oba, zastosowali wodne roztwory kwasów nieorganicznych (HCl , HNO_3 , HClO_4 , H_3PO_4) o pH 2,0. Każdy z tych roztworów powodował zasadniczo taki sam poziom ekscystacji, co świadczy, iż induktorem tego procesu jest sam jon wodorowy, niezależnie od jonu towarzyszącego.

Wyniki uzyskane przez Bingham i Meyera pozwalają na stwierdzenie, że ekscystacja u *Giardia* in vivo jest prawdopodobnie procesem zależnym od pH, inicjowanym przez kwaśne środowisko w żołądku. Warto jeszcze dodać, iż stosując roztwór HCl o pH 2,0, autorzy indukowali ekscystację pasożytów z rodzaju *Giardia* uzyskanych od ludzi, małp, psów, szczurów i myszy. W przypadku trofozoitów z cyst od ludzi i małp udało się rozpocząć hodowlę w podłożu HSP-3.

Bogdan Rokosz

POLIMORFIZM CHROMOSOMÓW A DETERMINACJA PŁCI U MUCHY TSE-TSE

U wszystkich przebadanych dotychczas gatunków z rodzaju *Glossina* samce są płcią heterogametyczną XY z heteropiknotycznym chromosomem Y. Taka cytologiczna heterogamia występuje u wielu gatunków owadów dwuskrzydłych (*Diptera*), lecz obecność chromosomu „płciowych” niekoniecznie musi oznaczać, że determinują one płć. Jak się przypuszcza, system determinacji płci u rodzaju *Glossina* jest podobny do tego systemu u *Drosophila*.

Ian Maudlin z Nigeryjskiego Instytutu Badań nad Trypanosomiazą stwierdził występowanie licznych aneuploidów w naturalnej populacji *Glossina palpalis palpalis* (Nature, vol. 277, nr 5694, 1979). Skład chromosomów u tych aneuploidów można wykorzystać do wyjaśnienia mechanizmu determinacji płci w rodzaju *Glossina*. Muchy zostały schwytane w pięciu miejscach w dorzeczu rzek Niger i Kaduna na terytorium Nigerii. Samice przetransportowano do laboratorium, gdzie trzymano je pojedynczo i codziennie zbierano poczwarki. Do analizy cytogenetycznej brano poczwarki 5-dniowe.

Ogółem od 249 samic otrzymano 553 poczwarki. Normalny skład chromosomów *G.p. palpalis* jest $2n=4+XY(XX)$, lecz potomstwo 26 badanych samic (10,4%) stanowiły aneuploidy, spośród których 22 samice posiadały zestaw XXY , a jedna — $XXYY$. Siedem samców miało zestaw XYY , a pięć następnych — XO . Jak stwierdzono, wszystkie samice produkujące aneuploidy mogły również produkować normalne samice XX i samce XY .

Obecność dodatkowego chromosomu Y (lub dwóch takich chromosomów) u samicy oraz jego brak u samców nie wywiera żadnego wyraźnego efektu fenotypowego, można więc przyjąć, że płć badanego gatunku jest determinowana przez

¹ Nature, vol. 277, nr 5694, 1979.

liczbę obecnych chromosomów X. System ten jest analogiczny do systemu *Drosophila*, który opiera się na równowadze genowej między determinantami płci na autosomach i chromosomie X. Wydaje się, że u *Glossina* autosomy także odgrywają rolę w determinacji płci. Poczwarki samców XO rozwijały się normalnie, ale u poczwarek w tym wieku nie można było prześledzić przebiegu spermatogenezy. U *Drosophila* właśnie z powodu zakłóceń w procesie spermatogenezy takie samce są bezpłodne. Mała liczba samców XO nie pozwoliła jednak na dokładne określenie roli chromosomu Y u *Glossina*. A. M. Jordan i współpracownicy sugerują, iż nie wpływa on na rozwój plemników.

Wytwarzanie aneuploidów z dodatkowym chromosomem płciowym można wytłumaczyć nierozłączeniem się chromosomów X podczas mejozy u samic, czego efektem są jaja XX i O, których zapłodnienie normalnym plemnikiem dawałoby samice XXY i samce XO. Z kolei samice XXY skrzyżowane z normalnymi samcami dawałyby samce XYY. Spontaniczne nierozłączenie u samic *D. melanogaster* występuje bardzo rzadko (0,05—0,1%) i chociaż takie dane nie są dostępne dla *Glossina*, to obecność w badanej populacji aż 21 samic XXY (8,4%) sugeruje, że jest to raczej wynik polimorfizmu, a nie spontanicznego nierozłączenia. Ponieważ *G.p. palpalis* jest ważnym wektorem śpiączki w Afryce (epidemiologia tej choroby ściśle wiąże się z ekologią muchy tse-tse), określenie, czy istnieją czynniki nacisku selekcyjnego utrzymujące ten polimorfizm w populacji, mogłoby mieć dużą wartość praktyczną.

Jeżeli determinacja płci u *Glossina* rzeczywiście jest kontrolowana przez system poligeniczny, to prawdopodobnie czynniki zakłócające proporcje płci występują w genomie. Takie czynniki stwierdza się powszechnie u innych *Diptera*, m.in. moskitów i much domowych, u których działają złożone mechanizmy determinacji płci. U *G. morsitans* zmianę proporcji płci można zaindukować przez napromienianie. W świetle danych uzyskanych w omawianej pracy warto by przebadać naturalne populacje na obecność czynników zakłócających, ponieważ każdy mechanizm zwiększający produkcję samców byłby bardzo pożyteczny dla programu kontroli tse-tse, który obejmuje wypuszczanie bezpłodnych samców.

Bogdan Rokosz

ZEBRANIA, ZJAZDY I KONFERENCJE NAUKOWE

SYMPOZJUM „OGÓLNE PROBLEMY SYNANTROPIZACJI”

Białowieża 26—31 V 1980 r.

W dniach 26—31 V odbyło się w Białowieży międzynarodowe sympozjum RWPG w ramach problemu III „Ochrona ekosystemów (biogeocenozy) i krajobrazu”. Organizację sympozjum przygotował zespół pracowników Instytutu Zoologii PAN w Warszawie pod kierownictwem P. Trojana przy współpracy Stacji Geobotanicznej UW w Białowieży pod kierownictwem J. Falińskiego.

Sympozjum zgromadziło 40 botaników i zoologów zainteresowanych problematyką synantropizacji, w tym 6 uczestników z zagranicy. Narady sympozjum przebiegały dwoma nurtami: teoretycznym, realizowanym w trakcie 3 sesji stacjonarnych i praktycznym, w trakcie 3 sesji terenowych. Obrady stacjonarne odbywały się w Stacji Geobotanicznej UW. Tematem pierwszej sesji były ogólne problemy synantropizacji. A. S. Kostrowicki (IGiPZ PAN) przedstawił referat na temat synantropizacji jako efektu przekształcania środowiska. Wpływ człowieka na roślinność oraz historię przemian synantropijnych flory i roślinności od wczesnego średniowiecza do czasów współczesnych przedstawiły M. Ralska-Jasiewicz (PAN Kraków), K. Wasylikowa (PAN Kraków) i H. Trzeńska-Tacik (UJ).

Tematem obrad drugiej sesji była synantropizacja na poziomie osobnika, populacji flory i fauny. Cykl referatów zapoczątkował J. Kornaś referatem dotyczącym mechanizmów i skutków wpływu człowieka na florę. Charakterystykę gatunków zwierząt przechodzących do życia w środowiskach zurbanizowanych przedstawili B. Pisarski i M. Kulesza (IZ PAN). R. Andrzejewski, J. Gliwicz i J. Werka (SGGW-AR) oraz M. Sikorski (ZBS PAN Białowieża) zaprezentowali wyniki badań nad procesami synurbizacji w populacjach myszy *Apodemus agrarius* Pall., świadczące o zasiedlaniu przez te zwierzęta coraz to nowych obszarów na terenie miasta i przystosowywaniu się populacji tych gryzoni do pokarmu i warunków miejskich.

Trzecia sesja dotyczyła biocenotycznych aspektów synantropizacji. H. Sukopp (Berlin Zach.) omówił wpływ człowieka na degradację ekosystemu. W referacie tym została przedstawiona szeroka koncepcja własna autora dotycząca hemerobii, pozwalającej na klasyfikację ekosystemów Środkowej Europy na podstawie różnych sposobów użytkowania ziemi przez człowieka. Procesy synantropizacji w zespołach zwierzęcych przedstawił P. Trojan, D. Górski i E. Wegner (IZ PAN). Na wybranych przykładach przedstawili oni wyniki badań nad zmianami w składzie i strukturze zespołów zwierząt pod wpływem działania czynników antropogenicznych. Szerokie omówienie zjawisk synantropizacji w zespołach roślinnych przedstawił R. Olaczek (UŁ). Referat na temat metodycznych aspektów i problemów przy opracowywaniu modeli dla określenia zdolności produkcyjnych zgodnych z funkcjami lasów i zadrzewień w intensywnie eksploatowanych krajobrazach kulturalnych przedstawił H. Grosser (Halle).

Drugim nurtem obrad były sesje terenowe. Pierwsza z nich to przedstawienie ekosystemów leśnych Białowieskiego Parku Narodowego. J. Faliński z zespołem (Stacja Geobotaniczna UW) zapoznał uczestników sympozjum z problematyką badawczą prowadzoną w wybranych typach lasów. Druga sesja terenowa dotyczyła

spontanicznej sukcesji na użytkach porolnych oraz procesów rekultywacji. J. Faliński zaprezentował szeroki wachlarz problemów i metodykę badań prowadzonych w tym temacie od kilkunastu lat. Tematem trzeciej sesji terenowej były wybrane problemy synantropizacji w ekosystemach porolnych i leśnych.

Symposium zakończono zostało dyskusją okrągłego stołu. Dotyczyła ona podstawowych zjawisk i pojęć określających procesy synantropizacji. Wprowadzenie z ramienia botaników wygłosił J. Faliński, a zoologów P. Trojan, po czym rozwinęła się żywa dyskusja świadcząca o dużej aktualności problemów dotyczących synantropizacji.

Stanowiska prezentowane w trakcie obrad wskazują na znaczne różnice w podejściu do zjawisk synantropizacji, szczególnie między zoologami i botanikami. Pierwsi ujmują ją znacznie wężej niż drudzy. Pozostaje nadal sprawą dyskusyjną czy pojęcie synantropizacji należy odnosić do flory i fauny, czy też można je rozciągać również na środowisko. Pozytywnym wynikiem dyskusji jest uzgodnienie definicji synantropizacji jako zjawiska odnoszącego się do układów biologicznych różnego szczebla.

Spotkanie białowieskie stanowiło pierwszą próbę konfrontacji stanowisk botaników i zoologów wobec zagadnień synantropizacji w naszym kraju. Było to spotkanie pożyteczne, stanowiące bodziec do przemyśleń na temat podstawowych zjawisk zachodzących współcześnie w biosferze pod wpływem działalności człowieka.

Danuta Górską

X SPOTKANIE KONSULTATYWNE PAŃSTW UKŁADU ANTARKTYCZNEGO Waszyngton 17 IX—5 X 1979

Problem eksploracji i eksploatacji bogactw mineralnych w Antarktyce był jednym z głównych tematów obrad na X Spotkaniu Konsultatywnym Państw Układu Antarktycznego, które odbyło się w Waszyngtonie w dniach od 17 IX do 5 X 1979 r. Ważnym dokumentem jaki wzięto pod uwagę w dyskusji było Sprawozdanie grupy ekspertów do spraw eksploracji i eksploatacji minerałów. Ekspersi obradowali w Waszyngtonie w czerwcu 1979 r. na Spotkaniu Przygotowawczym do X Spotkania Konsultatywnego. W czasach, kiedy wiele krajów poszukuje nowych źródeł energii, sprawozdanie ekspertów jest godne uwagi ze względu na to, że obrazuje to co naukowcy myślą, robią i planują w przewidywaniu przyszłych poszukiwań i eksploatacji zasobów mineralnych w Antarktyce. Dokument ten podkreśla potrzebę rozwinięcia środków ochrony środowiska antarktycznego przed wszelkimi niszczycielskimi skutkami ewentualnej eksploracji i eksploatacji minerałów. Aby to osiągnąć, konieczne jest głębsze poznanie i zrozumienie ekosystemu antarktycznego poprzez kompleksowe naukowe programy badawcze. Sprawozdanie wskazuje na istniejące już lub przyszłe źródła informacji niezbędnych dla pogłębienia wiedzy o środowisku antarktycznym. Wskazuje dziedziny wiedzy, gdzie istnieją największe luki i braki informacji oraz sugeruje kolejność realizowania zadań badawczych.

W świetle zagadnień nakreślonych w sprawozdaniu grupy ekspertów duże znaczenie mają ekologiczne badania przybrzeżne ekosystemu antarktycznego prowadzone na Polskiej Stacji im. H. Arctowskiego na wyspie Króla Jerzego w Południowych Sztetlandach. Prace te kierowane przez Zakład Badań Polarnych Instytutu Ekologii PAN mają na celu nie tylko pogłębienie wiedzy na temat żywych i nieżywych zasobów Antarktyki, ale również monitorowanie skażeń i ochronę środowiska antarktycznego. Są to zadania dużej wagi wobec ewentualnej eksplo-

racji i eksploatacji minerałów w Antarktyce. W spotkaniu grupy ekspertów uczestniczyli dwaj polscy delegaci doc. dr hab. Stanisław Rakusa-Suszczewski, kierownik Stacji Naukowej im. H. Arctowskiego i kierownik Zakładu Badań Polarnych Instytutu Ekologii PAN oraz prof. dr Krzysztof Birkenmajer, kierownik Zakładu Nauk Geologicznych PAN.

Poniżej zamieszczony jest pełny tekst tłumaczenia sprawozdania grupy ekspertów opublikowanego przez *Antarctic Journal of the United States*, w grudniu 1979 r., vol. XIV, No. 4. Pismo to jest organem Narodowej Fundacji Naukowej w USA (National Science Foundation).

SPRAWOZDANIE GRUPY EKSPERTÓW EKOLOGII, TECHNOLOGII I INNYCH
POKREWNYCH DZIEDZIN W SPRAWIE POSZUKIWANIA I EKSPLOATACJI
MINERAŁÓW W ANTARKTYCE

Grupę ekspertów powołano zgodnie z Rekomendacją IX-1, paragraf 3.

Grupa ta spotkała się w Waszyngtonie, D.C., w dniach 25—29 VI 1979 r., aby zapoczątkować i rozwinąć naukowe programy badań, których celem będzie:

- pogłębienie wiadomości o wpływie na środowisko i możliwych, trudnych obecnie do skonkretyzowania skutkach przy zastosowaniu różnych technologii w zakresie eksploracji i eksploatacji minerałów w Antarktyce, zgodnie z planem Sekcji II B Sprawozdania Grupy Ekspertów i Sekcji 5 Sprawozdania Grupy SCAR/EAMREA.
- rozwinięcie środków zapobiegawczych dla ochrony środowiska względnie rehabilitacji — zgodnie z Sekcją II C Sprawozdania Grupy Ekspertów.

Na przewodniczącego pierwszego posiedzenia grupy powołano dr. Roberta Rutforda (Stany Zjednoczone).

Szkic naukowych programów związanych z presją środowiskową

Według członków grupy, unikalny ekosystem antarktyczny jest ściśle związany z sąsiednimi ekosystemami i poważne zakłócenia w jednej tylko części Antarktyki mogą mieć wpływy, chociaż ograniczone, tak w Antarktyce jak i w innych obszarach. Członkowie Grupy są zdania, że dokładne poznanie ekosystemu antarktycznego jako całości jest ważnym zadaniem.

Wzięto pod uwagę, że celem naukowych programów, którymi grupa ekspertów jest zainteresowana, to uzyskanie krytycznych informacji wobec decyzji związanych z możliwością poszukiwania i eksploatacji bogactw mineralnych w Antarktyce, w przypadku gdyby taka działalność miała zaistnieć.

Członkowie grupy zgadzają się co do tego, że wszystkie naukowe, technologiczne i ekonomiczne dane wskazują na niewielkie prawdopodobieństwo komercyjnej eksploatacji antarktycznych bogactw mineralnych w najbliższej przyszłości. Wyjątek stanowi możliwość eksploatacji węglowodorów w rejonie otwartego morza. Zgodnie z tym, programy naukowe związane ze skutkami eksploatacji mineralnej powinny głównie uwzględniać właśnie te zasoby.

Członkowie grupy wzięli pod uwagę fakt, że brakuje informacji i wiedzy poprzednio zidentyfikowane w Sprawozdaniu Grupy Ekspertów na IX Spotkaniu Konsultatywnym, jak również w Sprawozdaniu grupy SCAR/EAMREA w dalszym ciągu pozostają aktualne. Zauważono, że kwestia hazardów geologicznych jest poruszona w Sprawozdaniu Grupy Ekspertów na IX Spotkaniu w niektórych paragrafach, ale nie jest uwzględniona w Sekcji II B.

Nie stwierdzono żadnych poważnych postępów w technologii, które mogłyby negować lub zmienić dziedziny zainteresowania określone w tych sprawozdaniach.

Członkowie grupy wymieniając trzy etapy działalności związanej z bogactwami mineralnymi określone w paragrafie 32 Sprawozdania Grupy Ekspertów na IX Spotkanie Konsultatywne, wzięli pod uwagę rodzaje niebezpieczeństw, na jakie narażone jest środowisko i rodzaje presji środowiskowych, które są bezpośrednio związane z każdym spośród tych etapów:

a) stwierdzono, że etap pierwszy, eksploracja podstawowa, zawiera niewielkie ryzyko środowiskowe oprócz tego, które może być związane z operacją statków na wodach antarktycznych.

b) etapy drugi i trzeci, wiercenia eksploracyjne i eksploatacja na pełną skalę, zawierają większe ryzyko środowiskowe.

Zwrócono uwagę, że presja na środowisko wynikająca z wielu takich działalności może być bardziej drastyczna w Antarktyce ze względu na surowe warunki środowiskowe i dlatego ścisłe przepisy byłyby konieczne w przypadku, gdyby taka działalność miała zaistnieć.

Członkowie grupy sugerowali, że w przypadku takiej działalności konieczne są podstawowe informacje na temat środowiska antarktycznego, tak aby móc przewidywać, umniejszać i kontrolować możliwe zgubne wpływy na środowisko wynikające z eksploracji i eksploatacji bogactw mineralnych.

Możliwe jest, że w wyniku działalności badawczej różnych krajów w ciągu ostatnich lat zgromadzono znaczną ilość informacji, które po zestawieniu i analizie mogą częściowo zaspokoić wymogi informacyjne, jak również ściślej określić dziedziny, gdzie dalsze informacje są potrzebne. Członkowie grupy przyjęli do wiadomości przestrogę poprzedniej grupy ekspertów, że niemożliwe jest zmierzenie wszystkich zmiennych środowiskowych lub też szczegółowe opisanie wszystkich antarktycznych ekosystemów. Selekcja czynników kluczowych jest niezbędna do takich badań.

Trwające w chwili obecnej i planowane działalności badawcze (inter alia, BIOMASS, ISOS, POLEX), które będą się koncentrowały na antarktycznych morskich i brzegowych ekosystemach powinny wziąć w rachubę wymogi informacyjne naszkicowane w tym sprawozdaniu tak, aby uniknąć niepotrzebnego duplikowania wysiłku.

Członkowie grupy stwierdzili dalej, że więcej czasu i ekspertyz niż dotychczas dostępnych na spotkaniu potrzeba będzie do szczegółowego przygotowania propozycji badawczych. W związku z tym jednakże, członkowie grupy doszli do wniosku, że wobec możliwości eksploatacji węglowodorów (patrz Paragraf 5) bardziej opłacalny byłby wkład do głębszego poznania ekosystemu antarktycznego poprzez ostro zogniskowane programy poświęcone głównie środowisku morskemu.

Członkowie grupy doszli również do wniosku, że następujące cztery specyficzne dziedziny powinny być szczególnie wzięte pod uwagę:

a) rozpoznanie struktury i dynamiki głównych morskich, słodkowodnych i lądowych ekosystemów, które mogą znaleźć się pod presją wpływu aktywności związanej z bogactwami mineralnymi,

b) rozpoznanie kluczowych składników ekosystemu oraz składników, które mogłyby być najbardziej czułymi wskaźnikami wpływów rozwoju działalności związanej z bogactwami mineralnymi, w szczególności presji spowodowanej katastrofalnymi albo stopniowymi zanieczyszczeniami środowiska antarktycznego,

c) rozpoznanie w Antarktyce tych obszarów, gdzie istnieje prawdopodobieństwo eksploracji i eksploatacji minerałów,

d) rozpoznanie obszarów o szczególnym znaczeniu ekologicznym i obszarów, które mogą być szczególnie podatne na zakłócenia, biorąc w rachubę obszary zdefiniowane w poprzednim punkcie.

W świetle tych wniosków, członkowie grupy stwierdzili, że mogliby podjąć poważne kroki w kierunku rozwoju odpowiednich programów badawczych, gdyby skoncentrowano się na tematach przedstawionych w paragrafie 69 Sprawozdania Grupy Ekspertów. Należałoby wyodrębnić różne źródła informacji, a mianowicie:

a) informacja, która już może istnieć, ale którą trzeba odzyskać i odpowiednio przeanalizować,

b) informacja, która już jest dostępna lub może być dostępna bez rozpoczęcia nowych programów badawczych,

c) informacja, dla uzyskania której potrzebne jest rozpoczęcie nowych programów badawczych lub pracy dodatkowej do programów realizowanych obecnie w skali krajowej lub programów koordynowanych przez SCAR,

d) informacja, dla uzyskania której istnieje potrzeba zapoczątkowania nowych lub dodatkowych badań z chwilą kiedy regiony poszukiwawcze określone zostały z większą precyzją niż dotychczas.

Wzięto pod uwagę każdy z głównych „tematów wymagających uwagi” i przedstawiono je w czterech kolumnach w formie tabeli (tab. 1). Grupa ekspertów nie próbowała oddzielić programów, które byłyby realizowane przez rządy administracyjne od programów, które mogłyby być podjęte w trakcie ewentualnej eksploracji i eksploatacji.

Chociaż członkowie grupy zdawali sobie sprawę, że znaczna część odpowiedniej informacji mogłaby zostać umieszczona w kolumnach I i II uważano, że jest oczywiste, że nowe lub dodatkowe badania uwzględniłyby pokrewne wcześniejsze prace i informacje, które mogłyby zostać udostępnione przez programy narodowe i programy koordynowane pod auspicjami SCAR-u. Brak danych informacji w kolumnach I i II nie powinien być interpretowany, że informacje te są nieistotne. Umieszczenie informacji w tabeli powinno sugerować, że pogłębienie wiadomości z danej dziedziny można osiągnąć poprzez analizę obserwacji i programów badawczych już zakończonych, albo że szczególnie powinno się być świadomym wagi wyników otrzymywanych z realizowanych obecnie programów.

Przy konstruowaniu tabeli członkowie grupy pamiętali o dodatkowych celach, które mogą nie być natychmiast dostrzegalne, a mianowicie:

a) pomocy przy oszacowaniu kolejności zadań badawczych, które powinny być wcielone w integralny plan badawczy (np. zanim dojdzie do zidentyfikowania obszarów eksploracji potrzebne są morskie geologiczne i geofizyczne badania na szeroką skalę; znajomość biologicznego znaczenia kry lodowej (pack ice) jest konieczna zanim znajomość charakterystyki organizmów danego regionu może mieć istotne znaczenie przy określaniu obszarów o szczególnej wadze biologicznej).

b) zapoczątkowaniu umiejętności rozróżniania pomiędzy potrzebami głębszego zrozumienia procesów dynamicznych w Antarktyce i wymogami, które mają na celu lepsze poznanie poszczególnych obszarów.

Członkowie grupy zgodzili się co do tego, że tabela ta może być znacznie udoskonalona poprzez umieszczenie w niej dodatkowej stosownej naukowej i technologicznej ekspertyzy, włączając w to dyscyplinę analizy systemowej (system analysis).

Pamiętając o tym, że tabela ta reprezentuje tylko ramy, w których rozwinąć się mogą odpowiednie programy badawcze, członkowie grupy uważają, że najbardziej celowe i korzystne byłoby powierzenie szczegółowego rozwoju programów badawczych SCAR-owi, który zaangażowałby do pracy własne grupy specjalistów, grupy wykonawcze i udostępnił korzystanie z opinii ekspertów (zobacz sekcja 5 Sprawozdania SCAR/EAMREA). Zauważono również, że byłoby to zgodne z sugestią przedstawioną w paragrafie 68 Sprawozdania Grupy Ekspertów na IX Spotkanie Konsultatywne.

Tabela 1

Proponowana koncepcja rozwoju projektów naukowych, których celem będzie poszerzenie wiadomości o możliwych skutkach eksploracji i eksploatacji węglowodorów w Antarktyce

I	II	III	IV
Informacja, którą można odzyskać poprzez analizę obserwacji i programów naukowych już zakończonych	Informacja, którą można uzyskać z realizowanych obecnie lub planowanych programów badawczych	Podstawowa informacja, której nie można uzyskać z programów zakończonych lub obecnie realizowanych i dla uzyskania której potrzebne są nowe lub dodatkowe badania	Informacja, dla której pozyskania potrzeba nowych lub dodatkowych badań w momencie kiedy określone zostały rejony poszukiwawcze
Oceanografia Fizyczna		Morskie geologiczne, geofizyczne i geochemiczne badania w określonych rejonach	Odpowiednio szczegółowa definicja oceanograficznego fizycznego środowiska: (i) ruchy wody (prądy i pływy) (ii) stan powierzchni morza (falewanie i powstawanie pokrywy lodowej)
Klimatologia Antarktyczna		Metodyka datowania erozji spowodowanej przez góry lodowe	(iii) reżim pływającego lodu [kry (pack ice) i góry lodowe] Badania dna morskiego (i) morfologia/batymetria (ii) dynamika sedymentacji (iii) stabilność (iv) dowody erozji spowodowanej przez icebergi (łącznie z datowaniem)
Definicja struktury tych typów morskich ekosystemów wchodzących w skład ekosystemu antarktycznego jako całości, które najprawdopodobniej poddane byłyby wpływowi eksploracji i eksploatacji węglowodorów	Dalsza definicja struktury tych typów biocenoz i ekosystemów, które prawdopodobnie znalazłyby się pod wpływem eksploracji i eksploatacji węglowodorów, lepsze ogólne zrozumienie dynamiki populacji, biocenozy i ekosystemu w rejonach pelagicznych i lokalnych przybrzeżnych Poziomy zanieczyszczeń atmosfery i pokrywy lodowej	Wpływ lodów (pack ice) na strukturę i dynamikę morskich biocenoz Określenie podstawowych poziomów zanieczyszczeń węglowodorami wśród przedstawicieli morskiego ekosystemu (ptaki i ssaki). Skutki pierwszego i drugiego stopnia wpływu różnych rodzajów i różnych stężeń węglowodorów oraz innych zanieczyszczeń na klu-	Charakterystyka organizmów danych rejonów i określenie obszarów o szczególnym znaczeniu biologicznym. Określenie podstawowych poziomów stężeń węglowodorów w kolumnie wody i osadach dennych

I	II	III	IV
		czowe składniki (organizmy) morskich ekosystemów. Los różnych węglowodorów w warunkach środowiska antarktycznego (biodegradacja, biologiczne pobieranie ze środowiska i fizyczne rozproszenie) Projektowanie programów — monitoringu na bazie gatunków wskaźnikowych wrażliwych na zanieczyszczenie środowiska.	

Członkowie grupy zwracając uwagę na potrzebę rozwoju programów badawczych, które miałyby na celu polepszenie prognoz wszystkich możliwych skutków eksploracji i eksploatacji węglowodorów w Antarktyce, wystąpili z propozycją, aby przedstawiciele na X Spotkanie Konsultatywne zarekomendowali swoim odpowiednim rządowi, aby te poprzez krajowe komitety antarktyczne nakłoniły SCAR do sprecyzowania programów, biorąc w rachubę sprawozdanie z obecnego spotkania i mając na celu:

- a) odzyskanie i analizę stosownych informacji uzyskanych w trakcie zakończonych już w przeszłości obserwacji i programów badawczych,
- b) zapewnienie — w związku z potrzebą informacji sprecyzowaną przez członków grupy — efektywnego wykorzystania istniejących już programów,
- c) określenie i rozwój nowych programów, które powinny mieć priorytet, biorąc pod uwagę czas potrzebny na uzyskanie wyników.

Członkowie grupy świadomi byli wskazań SCAR-u, że inicjatywy w tym kierunku będą się wiązały z kosztami i postanowiono zwrócić uwagę na ten fakt Stronom Konsultatywnym przed rozpoczęciem 10-tego Spotkania Konsultatywnego.

Szkic Programów Naukowych o Ochronie i Rehabilitacji Środowiska

Grupa Ekspertów stwierdziła, że sekcja II C Londyńskiego Raportu daje doskonałe podsumowanie wszystkich możliwych sposobów jakimi zanieczyszczenia mogą się przedostać do środowiska antarktycznego w wyniku eksploracji i eksploatacji bogactw mineralnych. Przyznają oni, że ochrona środowiska przed szkodliwymi wpływami w dużej mierze zależy od ustanowienia środków bezpieczeństwa, które uniemożliwiłyby wprowadzanie zanieczyszczeń i gwarantowałyby opiekę nad obszarami zarówno lądowymi, jak i morskimi o szczególnym znaczeniu. Problem ochrony środowiska przed szkodliwymi wpływami nie jest ograniczony do Antarktyki chociaż unikalne warunki środowiskowe jakie tam znajdujemy wymagają rozwoju specjalnych środków bezpieczeństwa. Wykorzystanie wyników z prowadzonych obecnie naukowych i technologicznych badań w innych dziedzinach, w zespole z badaniami ściśle związanymi z wpływem eksploracji i eksploatacji

na środowisko antarktyczne, będzie pomocne przy opracowaniu środków ochrony środowiska antarktycznego.

Opracowanie programów naukowych związanych z ochroną środowiska przed zniszczeniami będącymi wynikiem działalności mineralnej zależeć będzie od stopnia poznania i zrozumienia ekosystemu antarktycznego oraz oszacowania wszystkich możliwych niszczycielskich wpływów na ten ekosystem. Członkowie grupy byli zdania, że w chwili obecnej przedwczesna byłaby próba naszkicowania ogólnych zarysów naukowych programów związanych z tymi problemami. Strony konsultatywne powinny więcej uwagi poświęcić tym zagadnieniom w przyszłości.

Zanieczyszczenie morskiego środowiska antarktycznego ropą naftową

Zgodnie z sugestią zawartą w Rekomendacji IX-6 przedstawione zostały raporty przez Japonię (Annex B) (ANT/79) PMT/2 z dnia 22 VI 1978 r. i przez Związek Radziecki (Annex C) (ANT/79) PMET/6 z dnia 26 VI 1979 r. informujące o zanieczyszczeniu ropą naftową morskiego środowiska antarktycznego. Dodatkowo Argentyna wystąpiła z propozycją badań zanieczyszczeń w Antarktyce (Annex D) (ANT/79) PMET/4, Rev. 1, 28 VI 1979 r.). Dokumenty te są dołączone do obecnego raportu.

Członkowie grupy w szczególności zwrócili uwagę na następujące źródła zanieczyszczeń ropą naftową spowodowane przez ludzi i określone w sprawozdaniu japońskim:

- a) z naukowych stacji w Antarktyce,
- b) ze statków obsługujących stacje naukowe, łowczych statków rybackich, lub statków prowadzących morskie badania naukowe na wodach Antarktyki,
- c) poprzez masy wodne zanieczyszczone na innych obszarach oceanu a przynieszone w sposób naturalny do Antarktyki,
- d) z ewentualnej przyszłościowej eksploracji i eksploatacji ropy naftowej w Antarktyce.

W sprawozdaniu ZSRR członkowie grupy w szczególności zwrócili uwagę na następujące stwierdzenia:

„W okresie od 1974 do 1978 r. w ramach Radzieckiego Eksperymentu Polarnego Programu Południowego, radzieckie statki Instytutu Badań Naukowych w Arktyce i Antarktyce (AANII) pobrały selektywne próby w 161 punktach Oceanu Południowego (Cieśninie Drake, Morzu Scotia, wzdłuż południka 20° S na linii Afryka—Antarktyka i wzdłuż południka 132° E na linii Antarktyka—Australia) w celu określenia w nich zawartości produktów ropy naftowej. Po ukończeniu każdego rejsu próby oddawane były do AANII do analizy przy zastosowaniu podczerwonej spektrofotometrii.”

„Wyniki wykazały, że poziom produktów ropy naftowej w próbach pobranych we wskazanych punktach Oceanu Południowego był w większości przypadków niższy niż 0,03 mg/litr. Niektóre stężenia znajdowały się w granicach 0,03—0,08 mg/litr, co jest bliskie granicy dokładności stosowanej metody (0,03 mg/litr).”

„Większość wartości stężeń produktów ropy naftowej, które przekraczały 0,03 mg/litr pochodziło z frontalnej strefy Morza Scotia, gdzie jest wysoki poziom biologicznej aktywności. Istnieje możliwość, że wzrost poziomu substancji określonych jako produkty ropy naftowej spowodowany jest częściowo obecnością węglowodorów pochodzenia biogenicznego.”

„Z pokładu statku nie zaobserwowano gołym okiem śladów rozlanej ropy naftowej.”

„Tak więc wyniki te wskazują, że obszary Oceanu Południowego, które były poddane inspekcji są w istocie wolne od zanieczyszczeń ropą naftową.”

Członkowie grupy z zainteresowaniem zapoznali się z zawartymi w raporcie ZSRR danymi dotyczącymi niskich stężeń węglowodorów w rejonach, gdzie poczyniono obserwacje. Członkowie grupy usilnie nakłaniają Strony Konsultatywne i innych zawiadujących statkami czy prowadzących działalność, w wyniku której można wprowadzić ropę do środowiska, aby kontynuowali wysiłki w kierunku ograniczenia możliwości skażenia ropą naftową.

Określenie podstawowych poziomów zanieczyszczenia antarktycznego morskiego środowiska ropą naftową włączone zostało jako część proponowanych programów naukowych, których celem ma być polepszenie prognozy skutków ewentualnej eksploracji i eksploatacji mineralnej w Antarktyce.

Członkowie grupy zwrócili uwagę, że dotychczas najważniejszym czynnikiem wprowadzającym ropę naftową do morskiego antarktycznego środowiska wydaje się być działalność statków. Stwierdzono również, że narodowe i międzynarodowe grupy prowadzą badania nad skażeniem środowiska morskiego ropą naftową przez statki i nad sposobami redukcji tego skażenia i że część tych badań mogłaby mieć zastosowanie w środowisku antarktycznym. Stwierdzono dalej, że obecnie prowadzone są badania nad skutkami obecności ropy naftowej w arktycznym środowisku morskim. Badania te będące rezultatem rozwoju przemysłu naftowego w rejonie otwartego morza byłyby przydatne przy oszacowaniu skutków takiej samej działalności w Antarktyce, jeżeli taka działalność miałaby zaistnieć. Wyniki tych programów powinny być wzięte pod uwagę zanim wyznaczy się podobne programy dla Antarktyki.

Czas nie pozwolił na rozpatrzenie propozycji wniesionych przez Argentynę i Japonię, dotyczących badań zanieczyszczeń w Antarktyce. Członkowie grupy proponują, aby uczestnicy 10-go Spotkania Konsultatywnego zwrócili uwagę SCAR-u na te propozycje jak również na inne następujące dokumenty przedłożone członkom grupy:

- ANT (79) PM ET/3, 25 czerwiec 1979, Polska (załącznik E)
- ANT (79) PM ET/5, 25 czerwiec 1979, Polska (załącznik F)
- ANT (79) PM ET/8, 27 czerwiec 1979, Polska (załącznik G).

Elżbieta Kopczyńska

ZAWIADOMIENIE O DRUGIM MIĘDZYNARODOWYM SYMPOZJUM nt. ŁĄDOWYCH EKOSYSTEMÓW MEZOZOIKU 14—19 IV 1981 r., Jadwisin k. Serocka

W czasie I Międzynarodowego Sympozjum „Łądowe Ekosystemy Mezozoiku”, które odbyło się we wrześniu 1978 r. w Paryżu, postanowiono, że spotkania dotyczące tej tematyki będą odbywały się co 3 lata w różnych krajach świata. Jako organizator następnego sympozjum została zaproponowana Polska.

W związku z tą propozycją, Zakład Paleobiologii PAN i Muzeum Ziemi PAN podjęły się zorganizowania w dniach od 14 do 19 września 1981 r. w Jadwisinie k. Serocka (40 km od Warszawy) II Sympozjum „Łądowe Ekosystemy Mezozoiku”.

Tematyka sympozjum dotyczyć będzie wszystkich grup mezozoicznych organizmów lądowych, zarówno faun, jak i flor, a w szczególności zagadnień anatomii, morfologii funkcjonalnej, ewolucji, powstawania i wymierania dużych grup, paleofizjologii, paleoekologii, paleogeografii i stratygrafii mezozoicznych osadów lądowych i słodkowodnych.

Przewidziany na wstępie koszt uczestnictwa dla Polaków będzie wynosić: 500 zł wpisowe, 195 zł za pierwszą noc, 180 zł za noce następne, 220 zł wyżywienie dzienne. Transport z Warszawy do Jadwisina i z powrotem zapewnia Komitet Organizacyjny Sympozjum, bez dodatkowej opłaty.

Całkowity koszt uczestnictwa dla cudzoziemców wynosić będzie około 4500—5000 zł.

Skład Komitetu Organizacyjnego: prof. dr Z. Kielan-Jaworowska — przewodnicząca, doc. dr hab. H. Osmólska — sekretarz, doc. dr hab. M. Reymanówna, dr T. Maryańska, dr M. Ziemińska-Tworzydło.

Zainteresowanych udziałem w Sympozjum i otrzymaniem 1-szej kurendy Sympozjum „Łądowe Ekosystemy Mezozoiku” uprzejmie proszę o zwracanie się do doc. H. Osmólskiej: Zakład Paleobiologii PAN, al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, tel. 22-30-51 w. 146.

Zofia Kielan-Jaworowska

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Влодзимеж Михайлов</i> — Закон о охране животного мира издан в СССР	3
<i>Алиция Гуттова</i> — Течения биохимических адаптаций гельминтов к среде	7
<i>Данута Жуковска-Вещек</i> — Биоиндикация использована о диагностике возмущение естественной среды	15
<i>Дай Дуй, Бан</i> — Связывание кальция плазматической мембраны клеток лейкемии L 1210	25
<i>Витольд Нейгебауэр, Масей Бжески</i> — Хитин морских ракообразных	37

ДИСКУСИЯ И КРИТИКА

<i>Францишек Гурски</i> — Энтропия живого организма	49
---	----

CONTENTS

<i>Włodzimierz Michajłow</i> — The law on animals protection in Soviet Union	3
<i>Alicja Guttowa</i> — The trends in biochemical adaptations of endoparasites to the environment	7
<i>Danuta Żukowska-Wieszczek</i> — Bioindication at service of diagnostics of disturbances natural environment	15
<i>Dai duy Ban</i> — Calcium binding and some related characteristics of the plasma membrane of L 1210 lymphoid leukemic cells	25
<i>Witold Neugebauer, Maciej Brzeski</i> — Chitin of marine crustaceans	37

DISCUSSION AND CRITIQUE

<i>Franciszek Górski</i> — Entropy of living organisms	49
--	----

SPIS TREŚCI

Włodzimierz Michajłow — Ustawa o ochronie świata zwierzęcego wydana w ZSRR	3
Alicja Guttowa — Kierunki biochemicznych przystosowań pasożytów wewnętrznych do środowiska	7
Danuta Żukowska-Wieszczyk — Bioindykacja na usługach diagnostyki zaburzeń środowiska przyrodniczego	15
Daï duy Ban — Wiązanie wapnia i niektóre inne właściwości błony plazmatycznej komórek białaczki limfatycznej L 1210	25
Witold Neugebauer, Maciej Brzeski — Chityna skorupiaków morskich . . .	37

DYSKUSJA I KRYTYKA

Franciszek Górski — Entropia żywego organizmu	49
---	----

RECENZJE

Zofia Kielan-Jaworowska — The Origin of Major Invertebrate Groups. M. R. Hause (red.)	73
Piotr Sura — R. A. Avery, Lizards — A Study in Thermoregulation . . .	75
Tadeusz Krzymowski — A. Ślebodziński, Zarys endokrynologii zwierząt użytkowych	76
Jan Kornaś — D. Bramwell, Plants and Islands	77
J. Stanisław Knypl — D. S. Letham, P. G. Goodwin, T. J. Higgins, Phyto-hormones and Related Compounds — A Comprehensive Treatise . . .	78
Napoleon Wolański — R. Andorka, Determinants of Fertility in Advanced Societies	80
Zbigniew Witkowski — Dawid L. Armand, Nauka o krajobrazie — podstawy teorii i metody logiczno-matematyczne	82

KRONIKA NAUKOWA

Małgorzata Bruszeńska — Indukcja zakwitania embrioidów żeńszczenia w kulturach kalusowych korzenia; Krystyna Janas — Pobudzenie syntezy witaminy D ₃ przez ultrafiolet w roślinie zielonej; Bogdan Rokosz — Roztwory kwasowe induktorem ekscystacji u <i>Giardia</i> in vitro; Bogdan Rokosz — Polimorfizm chromosomów a determinacja płci u muchy tse-tse	85
---	----

ZEBRANIA, ZJAZDY I KONFERENCJE NAUKOWE

Danuta Górka — Sympozjum nt. „Ogólne problemy synantropizacji” . . .	89
Elżbieta Kopczyńska — X Spotkanie Konsultatywne Państw Układu Antarktycznego	90

MISCELLANEA

Zawiadomienie o Drugim Międzynarodowym Sympozjum nt. Lądowych Ekosystemów Mezozoiku	99
---	----

Kosmos jest czasopismem Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. M. Kopernika, przeznaczonym dla szerokiego ogółu biologów. Publikuje artykuły przeglądowe oraz podstawowe informacje dotyczące postępu i rozwoju w naukach biologicznych, przy czym uwzględniane w nich są zarówno zagadnienia biologii eksperymentalnej, jak również biologii teoretycznej i ewolucyjnej.

Poza tym, celem możliwie szerokiego informowania czytelników o sytuacji nauk biologicznych zarówno w kraju, jak i za granicą, „Kosmos” prowadzi odrębne działy informacyjne, w których zamieszczane są: 1. dyskusje i krytyki naukowe, 2. recenzje książek naukowych, 3. kronika naukowa, 4. informacje dotyczące działalności różnych Zakładów i Instytutów oraz wiadomości o ciekawych zjazdach i konferencjach naukowych.

W „Kosmosie” nie będą publikowane doniesienia lub prace, które powinny się ukazywać w wyspecjalizowanych czasopismach biologicznych.

**Tylko prenumerata zapewnia
regularne otrzymywanie
dwumiesięcznika**

K O S M O S A

Prenumerata krajowa

Warunki prenumeraty

Cena prenumeraty krajowej	
rocznie	zł 90,—
półrocznie	zł 45,—

Prenumeratę na kraj przyjmują Oddziały RSW „Prasa-Książka-Ruch”, oraz urzędy pocztowe i doręczyciele w terminach:

- do 25 listopada na I półrocze roku następnego i na cały rok następny,
- do 10 czerwca na II półrocze roku bieżącego.

Jednostki gospodarki społecznej, instytucje, organizacje i wszelkiego rodzaju zakłady pracy zamawiają prenumeratę w miejscowych Oddziałach RSW „Prasa-Książka-Ruch”, w miejscowościach zaś, w których nie ma Oddziałów RSW — w urzędach pocztowych.

Czytelnicy indywidualni opłacają prenumeratę wyłącznie w urzędach pocztowych i u doręczycieli.

Prenumerata zagraniczna

Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę przyjmuje RSW „Prasa-Książka-Ruch”, Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towarowa 28 00-958 Warszawa, konto NBP XIV Oddział w Warszawie Nr 1153-201045-139-11 — w terminach podanych dla prenumeraty krajowej.

Prenumerata ze zleceniem wysyłki za granicę jest droższa od prenumeraty krajowej o 50% dla zleceniodawców indywidualnych i o 100% dla zleceniodawców instytucji i zakładów pracy.

Bieżące i archiwalne numery można nabyć lub zamówić we Wzorcowni Wydawnictw Naukowych PAN-Ossolineum-PWN, Pałac Kultury i Nauki (wysoki parter) 00-901 Warszawa oraz w księgarniach naukowych „Domu Książki”.

A subscription order stating the period of time, along with the subscriber's name and address can be sent to your subscription agent or directly to Foreign Trade Enterprise Ars Polona — Ruch, 00-068 Warszawa, 7 Krakowskie Przedmieście, P.O. Box 1001, Poland. Please send payments to the account of Ars Polona — Ruch in Bank Handlowy S.A., 7 Traugutt Street, 00-067 Warszawa, Poland.

Indeks 36280

Kosmos 1, 1—102, Warszawa 1981