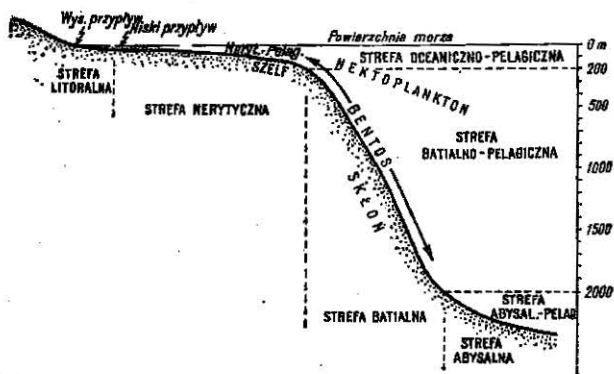


EKOLOGIA OTWORNIC

BADANIA MIKROPALEONTOLOGICZNE, których głównym celem są wnioski stratygraficzne, powinny uwzględniać zmienność zespołów otwornicowych w zależności od facji. Ważne więc będzie w tym przypadku poznanie ekologii otwornic współczesnych i nawiązanie tego poznania do dawnych epok. Ekologia bowiem jest to nauka, badająca środowisko, w którym żyją organizmy, oraz wpływ tego środowiska na organizmy i ich zależność od niego.

Mało dotychczas pisano o ekologii otwornic jako o wskaźniku rozprzestrzenienia otwornic, chociaż otwornice znane są w osadach począwszy od kambru do dziś. Dopiero w ostatnich dziesiątkach lat, tzn. od czasu rozpowszechnienia się wypraw oceanograficznych, zaczęto szczególnie studiować ekologię współczesnych otwornic, w wyniku czego mamy bardzo ciekawe dane, które mogą być pomocą dla stratygrafii. Ekologiczna analiza zespołu faunistycznego daje bowiem możliwość ustalenia facji badanego poziomu i korelacji stratygraficzno-facjalnej. Analiza ta jest przede wszystkim oparta na porównywaniu ze współczesnymi zespołami otwornic, żyjącymi w znanych nam warunkach środowiska.



Ryc. 1

Podział środowiska, morskiego według Ellisona

Temperatura, głębokość, zasolenie wody i podłoże są najważniejszymi czynnikami ekologicznymi i stosunkowo najlepiej poznanymi. Mniej natomiast wiemy o wpływie pożywienia, zawartości tlenu, kwasowości wody oraz o przenikaniu światła, chociaż i te czynniki wywierają pewien wpływ na życie otwornic i na ich rozprzestrzenienie.

Na podstawie badań J. A. Cushmana (1, 2), R. D. Nortona (5), F. B. Phlegera (6, 7), M. F. Glaessnera (3) oraz wielu innych badaczy, otwornice możemy podzielić na dwie zasadnicze grupy: na otwornice planktoniczne i otwornice bentoniczne.

Spośród otwornic planktonicznych niektóre powinny być uważane za pelagiczne, są to te, które zamieszkują morza otwarte. Posiadają one skorupki o kształcie zbliżonym do kulistego, jak np. *Orbulina*. Kształt ten jest dogodny przy przenoszeniu osobnika dzięki falowaniu wody. Poza tym gaz istniejący w komorach skorupki zmniejsza ciężar osobnika i wpływa dodatnio na szerokie rozprzestrzenienie otwornic pelagicznych. Inne otwornice pelagiczne mają komory półkuliste jak: *Globigerina*, *Globigerinoides*, *Globigerinella*. Bardzo ciekawą otwornicą jest rodzaj *Tretomphalus*, który jest formą pelagiczną tylko w stadium dojrzałym. Formy młodociane żyją przy dnie oceanu, na rafach koralowych i dopiero w okresie dojrzałości w komorach ich skorupki tworzy się gaz, unoszący otwornicę na powierzchnię oceanu, gdzie następuje rozmnażanie za pomocą zoospor.

Formy pelagiczne żyją głównie w wodach podzwrotnikowych, umiarkowanie ciepłych, lub takich, gdzie dochodzą ciepłe prądy jak np. Golfstrom i inne. Otwornice pelagiczne są niezmiernie wrażliwe na zimne prądy, gdy napotykają na nie, umierają masowo, a ich skorupki opadając na dno tworzą osady.

Większość pelagicznych otwornic jest znana począwszy od kredy, a wiele z nich istnieje do dziś, co wskazuje na to, iż wówczas warunki temperatury powierzchni oceanu były mniej więcej podobne do obecnych i że istniały również ciepłe prądy. W kredzie górnej i trzeciorzędzie skorupki pelagicznych otwornic opadając na dno oceanu utworzyły muł globigerinowy, analogiczny do tego, który powstaje obecnie w strefie abisalnej.

J. Sigal w podręczniku paleontologii J. Piveteau (8) dzieli otwornice planktoniczne na trzy grupy w zależności od temperatury wody, w której one żyją. Dla wód chłodnych, arktycznych i antarktycznych wymienia: *Globigerina dutertrei* oraz *Globigerina pachyderma*. Jako formy charakterystyczne dla wód o temperaturze umiarkowanej podaje: *Globigerina bulloides*, która jednak może żyć i w wodach chłodnych, a ponadto: *Globigerina inflata*, *Globorotalia crassula*, *Globorotalia canariensis*, *Globorotalia hirsuta*, *Globorotalia truncatulinoides*. Typowymi formami wód ciepłych, tropikalnych i subtropikalnych są: *Globigerina dubia*, *Globigerinella aequilateralis*, *Globigerinoides rubra*, *Globigerinoides sacculifera*, *Globigerinoides globulata*, *Orbulina universa*, *Pulleniatina obliquiloculata*, *Sphaeroidinella dehiscens*, *Globorotalia menardi*, *Globorotalia tumida* oraz *Globorotalia scitula*.

Ostatnie badania J. Kane (4) wykazały dużą zależność form planktonicznych od średniej rocznej temperatury powierzchni wody. Podzielił on przeto otwornice planktoniczne na zamieszkujące wody gorące oraz wody zimne. Wymienia on 9 gatunków otwornic bardzo często spotykanych i obficie reprezentowanych w wodach o temperaturze ponad + 20°C. Za dolną granicę temperatury wody, w której żyją otwornice planktoniczne wód ciepłych, uważa średnią roczną temperaturę + 20°C; jest to ta sama temperatura, która ogranicza życie koralu kolonialnych. Wymienia on też 3 gatunki otwornic planktonicznych zamieszkujących wody zimne, ale nie przypisuje im zbyt dużego znaczenia jako wskaźnikom wód chłodnych.

Jednocześnie z otwornicami planktonicznymi znajdowano formy pseudoplanktoniczne, są to te otwornice, które przyczepiają się do wodorostów, a następnie wraz z nimi mogą być przenoszone prądami w różne strony, nawet na znaczne odległości. Formy te nie są jednak zbyt liczne i nie odgrywają specjalnej roli.

Dane dotyczące otwornic bentonicznych są mniej dokładne. J. Sigal vide J. Piveteau (8) podaje, iż w strefie przybrzeżnej fauna jest prawie wyłącznie bentoniczna. Ze wzrostem głębokości zaczyna ubywać form bentonicznych, a zwiększa się ilość form planktonicznych. Jeszcze głębiej spotykamy już niewiele otwornic bentonicznych oraz skorupki form pelagicznych. W strefie abisalnej występują już tylko nieliczne otwornice, których skorupki nie uległy rozpuszczeniu, to znaczy otwornice zlepieńcowate.

W rejonach arktycznych warunki denne są zmienne i w zależności od nich zmienia się fauna otwornic. F. B. Phleger (7) wymienia spośród form bentonicznych wód arktycznych 9 gatunków otwornic występujących liczniej niż inne, są to: *Cassidulina norcrossi*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium incertum*, *Eponides frigidus*, *Haplophragmoides glomeratum*, *Protoenina atlantica*, *Spiroplectammina biformis*, *Textularia torquata* i *Trochammina nana*. Według J. Sigal vide J. Piveteau str. 283 (8) otwornice arktyczne stanowią odrębną faunę. Istnieje wśród nich obfitość form zlepieńcowatych, ponadto z form wapiennych reprezentowani są nieliczni przedstawiciele niektórych rodzin jak: *Miliolidae*, *Bulminidae*, *Nonionidae*, *Elphidiidae* oraz parę form planktonicznych.

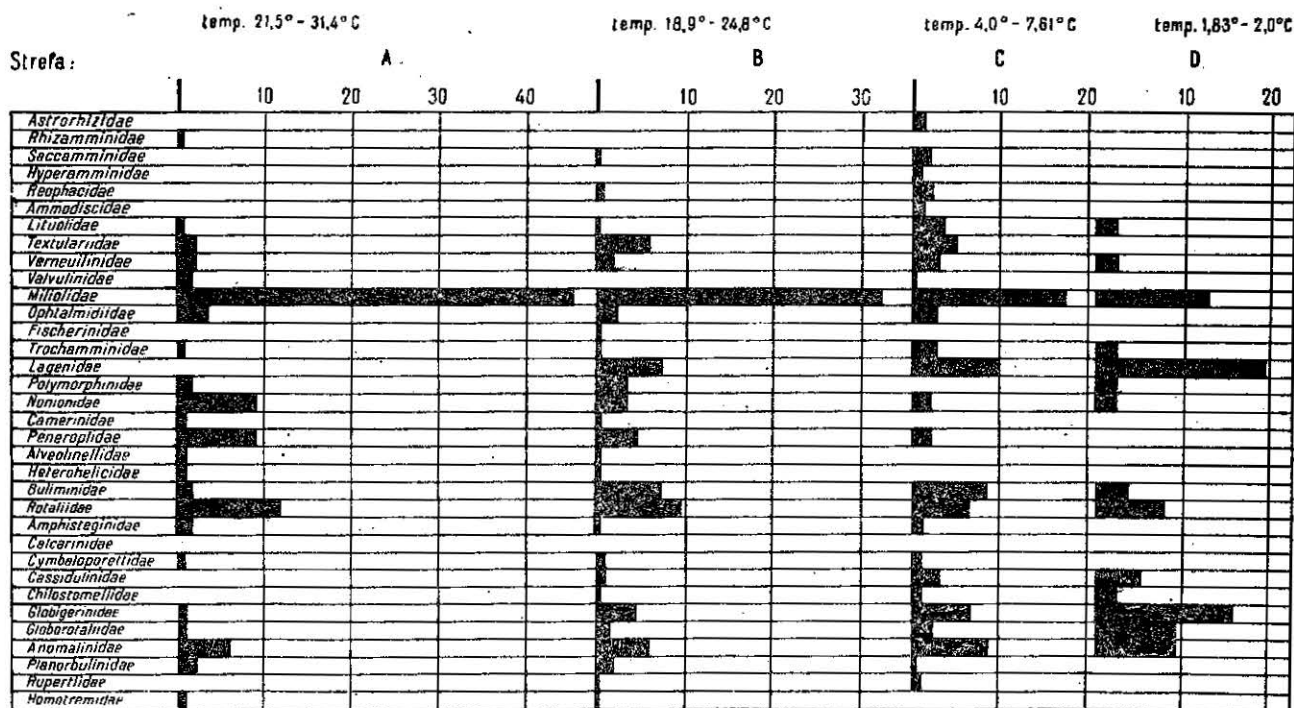
Temperatura i głębokość mają duże znaczenie w rozprzestrzenianiu poszczególnych gatunków. R. D. Norton (5) podał na podstawie spstrzeżeń dotyczących rejonów Florydy schematyczny podział stref morskich zamieszkałych przez otwornice. Niestety istnieją w tym podziale pewne luki.

Strefa A rozciąga się począwszy od wybrzeża do głębokości 9 m i ma temperaturę od 21,5°C do 31,4°C.

Strefa B sięga od 9 m do 110 m i ma temp. od 18,9°C do 24,8°C.

Strefa C sięga od 900 m do 1500 m i ma temp. od 4,0°C do 7,6°C.

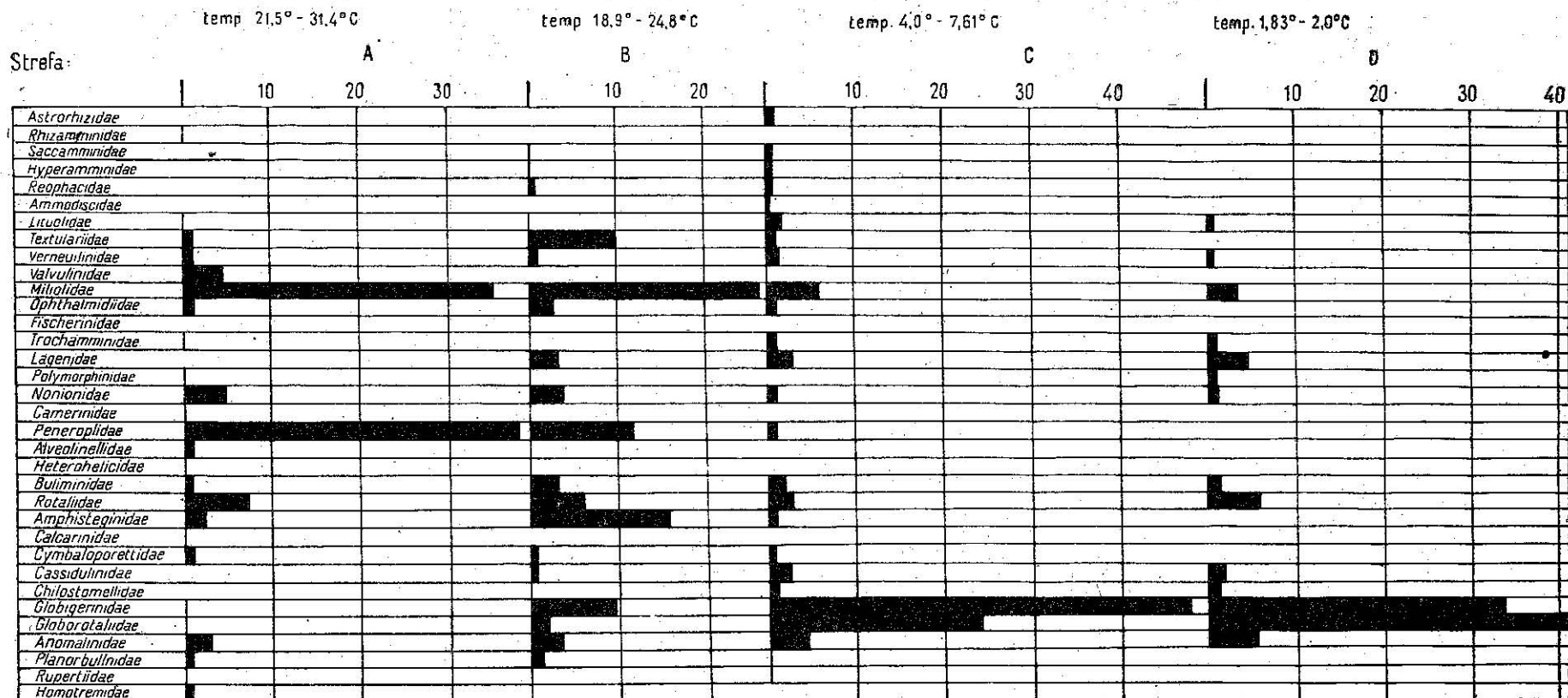
Strefa D sięga od 3650 m do 5200 m i ma temp. od 1,83°C do 2,0°C.



Ecl. Norton

Ryc. 2

Procentowe występowanie rodzin w poszczególnych strefach



Ecl. Norton

Ryc. 3

Procentowe występowanie gatunków ujętych w rodziny w poszczególnych strefach

Załączone dwie tablice Nortona ryc. 2, ryc. 3 przedstawiają procentowe występowanie otwornic w każdej strefie według gatunków ujętych w rodziny oraz według samych rodzin. Strefę A charakteryzują otwornice z rodziny *Miliolidae*, *Peneroplidae* i *Valvulinidae*. W strefie B przeważają przedstawiciele rodzin: *Lagenidae*, *Textularidae*, *Buliminidae*, *Amphisteginidae*, zmniejszają się zaś co do ilości *Miliolidae* i *Peneroplidae*. W strefie C i D liczne są *Globorotalidae*, *Globigerinidae*, ponadto obecne są *Lagenidae* i *Buliminidae* oraz mało różnorodne *Rotalidae* i *Anomalinidae*.

Jak z powyższego widzimy otwornice zamieszkują wody morskie począwszy od paru metrów aż do znacznych głębokości.

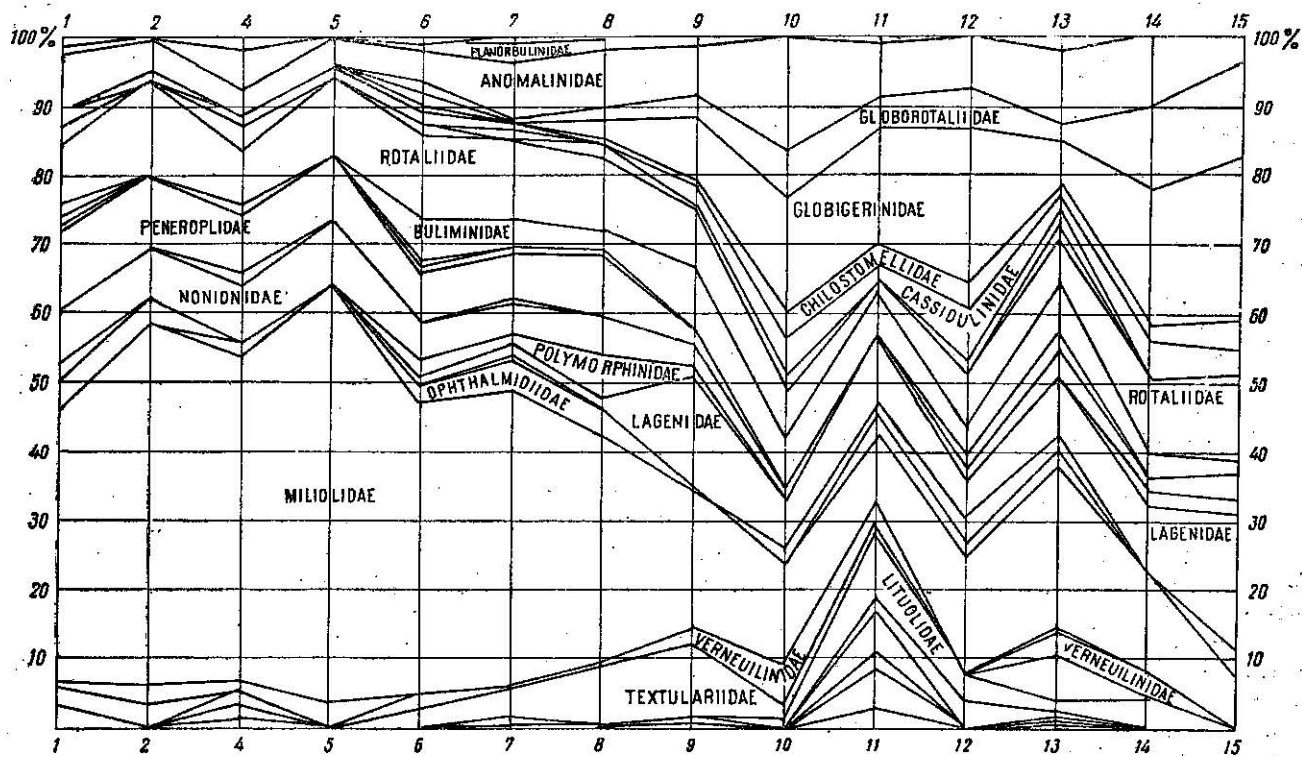
Otwornice wód płytkich, to znaczy szelfu, są to otwornice żyjące w wodach do głębokości paru set metrów. Temperatura jest tu zmienna, zgodnie z warunkami dna. Przezroczystość wody jest tu czynnikiem decydującym, np. przyniesiona mętna woda rzek na zwrotniku zmienia gwałtownie skład fauny otwornic. Na rafach koralowych żyją otwornice wapienne, takie jak *Alveolinella* i współżyjąca z algami *Marginopora*, której występowanie jest tak samo jak i występowanie alg ograniczone pionową granicą głębokości przechodzenia światła potrzebnego do fotosyntezy. Na tej podstawie możemy wnioskować, że współżyjąca z algami fauna górnego trzeciorzędu musiała posiadać podobne warunki bytu.

Co do otwornic wód głębokich M. B. Phleger (6) wykazuje istnienie przynajmniej trzech głównych stref głębokościowych, zamieszkałych przez odrębne gatunki.

Najwyższa strefa rozciąga się od 200 do 600 m lub 1000 m, a jej charakterystyczną cechą jest duża obfitość otwornic wapiennych, takich jak: *Lagenidae*, *Polymorphinidae*, *Buliminidae*, *Rotalidae* oraz niektórych form zlepieńcowatych. Temperatura tych głębokości jest mniej różnorodna i posiada stosunkowo mało wahań, w wyniku czego gatunki są tu szerzej rozpowszechnione.

Strefa środkowa sięga począwszy od 600 m lub 1000 m do 1600 m, różni się ona od poprzedniej niższą temperaturą. Dość obficie występują tu *Bulimina aculeata*, *Bulimina exilis*, *Angulogerina* sp., *Virgulina squamosa*, *Bolivina sulspinienscens* i *Eponides wrighti*. Głębokość od 600 do 1000 m należy uważać za strefę przejściową, gdzie zazębiają się zasięgi kilku gatunków typowych dla strefy górnej i strefy środkowej.

Najgłębsza strefa, to znaczy abisalna, rozciąga się od 1600 m w dół. Zawiera ona dużą ilość *Uvigerina sulspinienscens* i *Eponides wrighti*. Na głębokości 3900 m znaleziono jeszcze otwornice wapienne, takie jak: *Elphidium incertum*, *Nonion gratelonipi*, *Cibicides pseudoungesianus*. Woda tej strefy posiada dość niską temperaturę, powyżej + 4°C, i zawiera minimum tlenu potrzebnego do egzystencji otwornic. Pod wpływem



Ecl. Norton

Ryc. 4

Rozprzestrzenienie otwornic według rodzin na podstawie Nortona w rejonie Florydy.

wysokiego ciśnienia następuje większe rozpuszczenie węglanu wapnia, wskutek tego wapienne otwornice począwszy od 4000 m zanikają, w rezultacie czego fauna składa się z form zlepieńcowatych, które nie są tak bardzo wrażliwe na podobne warunki, toteż są tu obficie reprezentowane. Głębokość 4000 m należy więc uważać za granicę w pionowym rozprzestrzenieniu otwornic wapiennych.

Podział na powyższe strefy głębokościowe został oparty na względnych ilościach gatunków otwornic w nich występujących. Poza tym stwierdzono, że niektóre gatunki otwornic trzymają się ściśle granic strefy, inne zaś są bardziej tolerancyjne i przechodzą z jednej strefy do drugiej.

W odniesieniu do temperatury morza według M. F. Glaessnera (3) Vanghan wyróżnia 5 stref:

1. Strefa polarna o temperaturze wody od $+1,9^{\circ}\text{C}$ do $+5^{\circ}\text{C}$.
2. Strefa podbiegunowa o temperaturze wody od $+5^{\circ}\text{C}$ do $+10^{\circ}\text{C}$.
3. Strefa umiarkowana o zmiennej temperaturze w zależności od pór roku dochodząca do $+25^{\circ}\text{C}$.
4. Strefa subtropikalna o temperaturze wody od $+15^{\circ}\text{C}$ do $+33^{\circ}\text{C}$.
5. Strefa tropikalna o temperaturze wody od $+25^{\circ}\text{C}$ do $+31^{\circ}\text{C}$ (i więcej).

W rozprzestrzenieniu otwornic dużą rolę odgrywa również stopień zasolenia wody. Otwornice bowiem są na ogół przystosowane do normalnego zasolenia wód i reagują dość znacznie na jego zmianę. Tym niemniej istnieją pewne otwornice, żyjące w wodach słonawych, to znaczy brakicznych, a nawet niewielka grupa *Allogromiidae*, otwornic o skorupce chitynowej zamieszkująca wody słodkie. Otwornice wód słonawych są to przeważnie formy zlepieńcowate, poza tym z otwornic wapiennych występują: z rodziny *Miliolidae* — *Quinqueloculina* i *Triloculina*, a z *Nonionidae* — *Elphidium*. W środowisku wysładzającym się lagunowym, spotyka się najpierw *Ammobaculites*, następnie *Miliamina*, *Haplophragmoides*, *Trochammina*, *Rotalia* i *Elphidium*. Szczególnie *Rotalia beccarii* jest uważana jako forma typowa dla wód lagunowych, płytkich oraz wód przw ujściach rzek. Czasami jednak schodzi ona do głębokości 100 m.

Jako fauna reliktowa znane są ze słonych jezior Węgier *Entezia* i *Trochammina*. Opisano także otwornice reliktove żyjące w wodach gruntowych w pustyni Kara-Kum w Turkiestanie. Fauna ta składa się z przedstawicieli rodziny *Miliolidae* oraz form opisanych jako *Lagena*, *Nodosaria*, *Discorbis*, *Globigerina* i *Textularia*. Są to jednak formy bardzo drobne, posiadające skorupki chitynowe. Zmiany zasolenia powodują często nieprawidłowość wzrostu i kształtu skorupki oraz to, iż otwornice o skorupkach wapiennych czy też zlepieńcowatych zaczynają wytwarzać skorupki chitynowe.

W środowisku wodnym o stężonej zawartości soli, np. w warstwach solonośnych lub gipsowych, otwornic nie znaleziono. Stwierdzono jed-

nak, iż wkładki wapienne, margliste lub piaszczyste tych warstw zawierały mikrofaunę.

Co do otwornic zlepieńcowatych R. M. Stainforth (9) uważa, że należałoby je ująć w dwie grupy. Jedną grupę stanowiłyby otwornice zlepieńcowate o kruchych i drobnych skorupkach, które są znane jedynie z wód brakicznych. Druga grupa to formy silnie zlepieńcowate o mocnych skorupkach, przeważnie dość duże, należące do rodzin: *Rhizaminidae*, *Reophacidae*, *Ammodiscidae*, *Lituolidae*, *Textularidae*, *Verneuilinidae* oraz *Valvulinidae*. M. F. Glaessner (3) przytacza te otwornice jako zespół charakterystyczny dla wód głębokich lub też zimnych. Natomiast R. M. Stainforth (9) twierdzi, że ani głębokość, ani temperatura czy też słoność wody nie może być czynnikiem decydującym w rozprzestrzenieniu form zlepieńcowatych. Uważa on natomiast, iż otwornice zlepieńcowate mogą świadczyć o środowisku mętnej wody, czynnikiem ekologicznym, niesprzyjającym rozwojowi otwornic wapiennych, którym do życia potrzebna jest pewna ilość promieni świetlnych, a mętność wody promienie te redukuje. Otwornice zlepieńcowate w środowisku wody mętnej rozwijają się dobrze.

Podłoże posiada również pewne znaczenie w rozprzestrzenieniu otwornic, chociaż na ten temat mamy mało wiadomości. Wiadomo jednak, że w zależności od gruntu znajdujemy różne zespoły otwornicowe, bowiem otwornice zlepieńcowate czerpią z podłoża, na którym żyją, materiał do budowy swych skorupek. Przeto na wapiennym podłożu formy zlepieńcowate zawierają w swych skorupkach dużo materiału wapiennego, drobne okruchy innych skorupek otwornic, zaś na podłożu piaszczystym więcej ziarenek piasku.

J. Sigal vide Pivetau (8) podaje, że otwornice wód brakicznych są poniekąd związane z piaszczystym podłożem. Inne otwornice np. *Silicotextulina* żyjąca pośród okrzemek buduje swą skorupkę z SiO_2 . Natomiast *Alveolinella*, *Heterostegina*, *Operculinella* wolą piaszczyste podłoża, a *Operculina* spotykana jest na bardziej miękkim gruncie. Niektóre wapienne otwornice, jak: *Camerinidae*, *Orbitoididae* są związane z podłożem wapiennym wód niezbyt głębokich.

Mało dotychczas wiemy o wpływie pożywienia na rozprzestrzenienie się otwornic. Wiadomo jednak, że otwornice między innymi żywią się bakteriami jako produktem bakteryjnego rozkładu roślin i tkanek zwierzęcych. Światło ma tu duże znaczenie, wpływa bowiem na rozwój roślin morskich i ogrzewa wodę. Zanim więc podniesie się temperatura wody, już pojawia się żywność, co ma duży wpływ na rozwój otwornic, pobudza je do większej aktywności, szybszego wzrostu i rozmnażania się. Stwierdzono, że plankton morski może żyć nie tylko przy powierzchni wód, jak to powszechnie do niedawna przypuszczano, lecz tworzy także całą pionową skalę organizmów żyjących na różnych piętrach głębokości, od powierzchni prawie aż do dna oceanu.

ZAGADNIENIE EKOLOGII OTWORNIC,
Jako widzimy, jest niezmiernie ciekawe, ale zarazem i skomplikowane. Jako zagadnienie związane z poznaniem oceanu jest dalekie od rozwiązania. Przytoczone dane mają charakter jedynie orientacyjny. Wiele bowiem jeszcze należy włożyć pracy, aby poznać prawa rządzące rozmieszczeniem tych drobnych istot morskich w głębinach oceanu. W rzadkich tylko przypadkach przy obecnym stanie badań mamy jasny i jednoznaczny obraz facji warstw kopalnych. Wpływają na to z jednej strony zmiany w czasie, którym ulegają ekologiczne warunki potrzebne do egzystencji poszczególnych grup otwornic, a z drugiej strony szerokie rozprzestrzenienie otwornic w najróżnorodniejszych warunkach ekologicznych mórz dzisiejszych.

Ponadto przy analizie paleoekologicznej otwornic należy pamiętać, że w rozprzestrzenieniu niektórych rodzajów, a nawet rodzin nastąpiły z czasem zmiany co do głębokości i temperatury, np. *Lagenidae* obecnie bardzo pospolite na dużych głębokościach, w jurze posiadały szerszy zasięg występowania niż dziś i były jedną z ważniejszych rodzin spośród otwornic wapiennych. Podobnie niektóre współczesne gatunki rodzaju *Pyrgo*, żyjące w wodach głębokich, w trzeciorzędzie żyły w wodach płytkich. To samo odnosi się do współczesnych głębokowodnych form takich, jak: *Bulimina rostrata*, *Bulimina inflata*, *Globobulimina pacifica* itd., obficie występujących w trzeciorzędzie, lecz nie jako formy głębokowodne. Z tego wynika, iż przystosowanie się otwornic do głębokości i temperatury może ulec zmianie z biegiem czasu. Przeto przy analizie paleoekologicznej czynniki te mogą być brane pod

uwagę tylko wtedy, gdy jednocześnie przeprowadzi się szczegółowe badania nad całością fauny kopalnej danego odcinka oraz ma się ponadto do dyspozycji inne czynniki ekologiczne.

Większe znaczenie mają otwornice dla celów stratygraficznych i korelacyjnych, gdyż wtedy możemy operować gatunkami wybranymi, przewodnimi, które mają dość wąski zasięg rozprzestrzenienia w czasie, wskutek czego dostarczają nam ściślejszych danych stratygraficznych.

LITERATURA

1. Cushman J. A. — Paleocology as shown by the Foraminifera. „Contr. Cushman Lab. Foram. Res.“ 1939, vol. 15, part 2, p. 40.
2. Cushman J. A. and Henbest L. G. — Geology and Biology of North Atlantic Deep-sea Cores. Part 2. Foraminifera. „Geological Survey Professional Paper“ 1942, 196, pp. 35—50.
3. Glaessner M. F. — Principles of Micropaleontology. 1945, pp. 183—193.
4. Kane J. — Temperature correlation of planctonic Foraminifera from the North Atlantic ocean. „Micropaleontologist“ 1953, vol. VII, no 3, pp. 25—41.
5. Norton R. D. — Ecologic relations of some Foraminifera. „Bull. Scrip. Inst. Oceanogr.“ 1930, Tech. Ser. 2(9), pp. 331—388.
6. Phleger F. B. — Foraminifera of submarine Cores from the Continental slope. „Bull. Geol. Soc. Amer.“ 1942, 53, pp. 1073—1089.
7. Phleger F. B. — Foraminifera distribution in some sediment Samples from the Canadian and Greenland Arctic. „Contr. Cushman Found. Foram. Res.“ 1952, vol. III, part 2, pp. 80—89.
8. Piveteau J. — Traité de paleontologie. Masson, Paris VI, 1952, vol. I, pp. 275—301.
9. Stainforth R. M. — Ecology of arenaceous Foraminifera. „Micropaleontologist“ 1952, vol. VI, nr 1, pp. 42—43.