

## O KILKU PROBLEMACH W MIKROPALEONTOLOGII

**B**ADANIA MIKROPALEONTOLOGICZNE znajdują coraz większe zastosowanie w różnych dziedzinach nauki o Ziemi. Szczególnie otwornice okazały się pomocne w rozwiązywaniu zagadnień nie tylko stratygraficznych, lecz także facyjnych, paleogeograficznych, tektonicznych, paleoklimatycznych, sedymentologicznych i związanych z nimi zagadnień praktycznych, jak poszukiwania złóż surowców.

Mimo rozkwitu mikropaleontologii, (mimo powodzi prac z tej dziedziny (a może właśnie z tego powodu) wytworzył się w zakresie klasyfikacji otwornic chaos, który doprowadził do szeregu nieporozumień i kontrowersji, powodujących czasem zachwianie wiary w użyteczność otwornic dla stratygrafii. Np. Schindewolf (27) podaje, że dolnooligoceniska fauna otwornicowa Ameryki Płn. zawiera 50% dziś jeszcze żyjących gatunków, zaś Hofker (15) twierdzi, że w Ameryce Płn., Holandii i północno-zachodnich Niemczech nie ma w oligocenie dolnym ani jednego gatunku współczesnego. W dolnym miocenie według Schindewolfa jest 77—97% gatunków współczesnych, zaś według Hofkera zaledwie 5%.

Dla każdej pracy mikropaleontologicznej podstawą jest prawidłowa klasyfikacja. Od niej zależą właściwie wszystkie wnioski wyprowadzone w danej pracy dotyczące systematyki, ewolucji, ekologii, stratygrafii itd. Od kilku lat prowadzona jest żywa dyskusja na temat

klasyfikacji paleontologicznej szczególnie na łamach czasopism: *Journal of Paleontology*, *The Micropaleontologist*, *Micropaleontology*, *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* i innych. Liczne artykuły wskazują na konieczność bardziej szczegółowych i bardziej wszechstronnych dokumentacji prac mikropaleontologicznych, na potrzebę opracowania nowych metod badawczych, przeprowadzenia rewizji dawnych oznaczeń na podstawie dokładnego studium oryginalnej fauny. Wiele dawnych poglądów na klasyfikację otwornic, na zasięgi stratygraficzne lub ekologiczne poszczególnych rodzajów i gatunków okazało się niesłusznych, ale problemy te dalekie są jeszcze od rozstrzygnięcia.

Drugą przyczyną zamieszania i mylnych wniosków stratygraficznych i ekologicznych jest zbyt małe zwracanie uwagi na odróżnianie form tubylczych od przemieszczonych i to zarówno synchronicznych, jak wypreparowanych z warstw starszych. Ten problem jest szczególnie ważny, lecz również szczególnie trudny, jeśli chodzi o otwornice ikopalne.

Trzecią przyczyną zamieszania w zasięgach stratygraficznych otwornic jest mylna interpretacja wieku warstw, w których zostały one znalezione. Poglądy na wiek wielu poziomów ulegają zmianom w miarę nowszych i dokładniejszych badań geologicznych, ale poprzedni błąd ciąży nieraz jeszcze długo w pracach mikropaleontologicznych.

Zagadnienia te poruszane są w większości prac mikropaleontologicznych, ale niestety poglądy na klasyfikację otwornic są bardzo rozmaite. Z praktycznego punktu widzenia najważniejsze jest, nawet niezależnie od różnych systemów klasyfikacyjnych, aby te same jednostki, przynajmniej na poziomie rodzaj-gatunek, nosiły te same nazwy. Wielu badaczy stwierdza fakt, że trudno jest obecnie opierać się na spisach skamieniałości lub cytatach w pracach stratygraficznych, ponieważ rzadko te same gatunki noszą te same nazwy, a często różne gatunki określane są jednakowymi nazwami. Bez jasnych ilustracji i dokładnych opisów nie można mieć pewności w przeprowadzaniu porównania z innymi pracami. Nie tylko gatunki, ale też rodzaje bywają rozmaicie ujmowane i często te same gatunki bywają zaliczane (przez różnych autorów do różnych rodzajów).

Diagnostyka rodzajów i gatunków ulega z biegiem czasu zmianom i nierzadko późniejsze formy bardzo odbiegają od typów (przykład: *Eponides repandus* Fichtel et Moll; C. Redmond, J. Hofker; lub rodzaj *Lenticulina*, którego typ nie był nawet otwornicą, M. Israelski). Wobec takiego stanu rzeczy nic dziwnego, że już w r. 1947 Ellis anonisował zebranie 150 000 pozycji w indeksie synonimów, a przewidywał ich wzrost do  $\frac{1}{4}$  miliona. „Katalog Otwornic“ (9), który jest ogromną pomocą w pracach mikropaleontologicznych, zawierał w r. 1956 według Hilfermanna (14) około 2 000 nazw rodzajowych i około 25 000 nazw gatunkowych. Już te liczby dają wyobrażenie o bogactwie form morfologicznych wśród otwornic i o ilości prac wnoszących nowe jednostki taksonomiczne. W ciągu 22 lat wydano 8218 publikacji dotyczących otwornic. W r. 1953 opublikowano 553 prace wnoszące 4 nowe rodziny, 26 nowych rodzajów i 368 nowych gatunków oraz 49 podgatunków, a w r. 1954 ukazało się 420 prac, ustanowiono 1 nową nadrodzinę, 1 rodzinę, 3 podrodziny, 28 rodzajów, 2 podrodzaje, 377 gatunków i 58 podgatunków. Thalmann (31) zaznacza, że nie ujął jeszcze wszystkich opublikowanych jednostek taksonomicznych, ponieważ nie wszystkie publikacje były dla niego dostępne. Z przytoczonych liczb wynika, że codziennie przybywa więcej niż jedna publikacja traktująca wyłącznie lub częściowo o otwornicach i codziennie zostaje ustanowiony co najmniej jeden nowy gatunek.

Na podstawie katalogu można stwierdzić, że ta ogromna ilość rodzajów i gatunków otwornic jest zupełnie niedostatecznie udokumentowana i niejednokrotnie nieporównywalna. Tylko nieliczne gatunki, a gatunek wszak jest podstawową jednostką taksonomiczną, przeważnie tylko w nowszej literaturze opra-

cowane są bardziej szczegółowo i poparte brymi ilustracjami. Przeważająca większość gatunków jest przedstawiona w sposób nie pozwalający na dokładniejsze rozeznanie morfologii holotypu, a tym bardziej na zorientowanie się w zasięgu zmienności osobniczej. Wiele gatunków oparto tylko na jednym okazie, niektóre na osobnikach nienormalnych, czasem patologicznych, regenerowanych lub zdegenerowanych. Różne generacje tego samego gatunku są nieraz opisywane jako odrębne gatunki.

Pojęcie gatunku w paleontologii nie jest jednoznacznie przyjęte. Jedni autorzy są zwolennikami szerokiego ujęcia gatunku, inni wąskiego. Jedni łączą w jeden gatunek formy nieraz mało podobne a bardzo odległe wiekiem, inni są zwolennikami typologicznej klasyfikacji posuniętej do skrajności i dzielą formy podobne, synchroniczne, pochodzące nieraz z jednego biotopu, z jednej próbki na kilka odrębnych gatunków. W obydwu przypadkach brak dowodów obiektywnych opartych na metodach ilościowych. Pojęcia podgatunku i odmiany też są różnorodnie rozumiane.

Zupełnie słuszne więc są postulaty Glaessnera (11) i Hilfermanna (14) dotyczące klasyfikacji otwornic. Glaessner podkreśla ścisły związek między taksonomią, biostratygrafią i ekologią otwornic. Prawidłowa klasyfikacja powinna być oparta na szczegółowej analizie populacji w ujęciu nie statycznym, lecz dynamicznym, uwzględniającym zmiany zachodzące w przestrzeni i w czasie. Takie ujęcie pozwala na eliminację cech morfologicznych nie dziedzicznych, taksonomicznie nieważnych, a mających tylko znaczenie fizjologiczne lub ekologiczne.

Opieranie się jedynie na różnicach morfologicznych prowadzić może do mylnych wniosków i tworzenia nierealnych jednostek systematycznych. Prace nad ekologią i morfologią otwornic są jeszcze bardzo nieliczne, ale wykazują, że czynniki zewnętrzne mogą powodować zmiany w morfologii skoruppek otwornic. Np. Boltovskoy (3) stwierdził tendencję do asymetrii, utratę rzeźby i zmiany kształtu skoruppek otwornic wskutek złego odżywiania. W r. 1956 opisał te same objawy oraz opóźnienia w rozwoju w mikrofaunie zachodniej części szelfu Argentyny. Zjawiska te i znaną tu inwersję w rozprzestrzenieniu mikrofauny, ubożenie mikrofauny w kierunku brzegu tłumaczy pośrednim i prawdopodobnie też bezpośrednim działaniem pierwiastków śladowych, dostarczanych z lądu. Ich trujący wpływ na okrzemki, główne pożywienie otwornic, powoduje niedobór pożywienia. Analiza skoruppek *Quinqueloculina seminulum* i *Buccella frigida* wykazała między innymi ślady Pb w punkcie o małej „standardowej liczbie otwornic“ (ilość otwornic w 1 g suchej próbki) i brak Pb w punkcie o dłuższej normalnej ilości

otwornic. Otów więc prawdopodobnie również bezpośrednio może wpływać ujemnie na otwornice.

Wpływ różnych czynników ekologicznych jest jeszcze mało znany, ale niewątpliwy i powinien być brany pod uwagę przy rozważaniach taksonomicznych, aby uniknąć tworzenia osobnych gatunków opartych na osobnikach anormalnych. Nawet charakter materiału skorupek otwornic, cecha według Wooda (32) bardzo ważna w klasyfikacji, może w pewnych warunkach ulegać dużym zmianom, jak to wykazał eksperymentalnie Don C. Slama (28). Nie można jednak zbyt generalizować tych wyników, bo warunki laboratoryjne niezupełnie są porównywalne z naturalnymi i autor sam podkreśla konieczność dalszych badań w tym kierunku.

Hofker (13) jest zdania, że gdyby gatunki otwornic były dobrze poznane, to ilość ich, którą obliczał na około 30 000, można by zredukować do 3000. Dałoby to mniejsze zamieszanie w nomenklaturze i identyfikacji oraz lepsze dane dla stratygrafii i korelacji. Niewątpliwie przy dokładnej znajomości zmienności i zasięgu przestrzennego poszczególnych gatunków kopalnych znacznie zmniejszy się balast nierealnych nazw gatunkowych. Formy różniące się nieznacznie, lecz stałymi cechami morfologicznymi, ujęte jako podgatunki chronologiczne, jeśli zmienność ta zostanie udowodniona w kierunku pionowym, zaś jako podgatunki geograficzne, jeśli zmienność ta występuje w kierunku poziomym, dadzą jaśniejszy obraz stratygraficzny i paleogeograficzny.

Hiltermann (14) i wielu innych badaczy stwierdza, że gatunki powinny być oparte na studium populacji. „Dla osiągnięcia większej ścisłości stratygraficznej i bionomicznej w rekonstrukcji kopalnych biotopów powinny być brane pod uwagę wszystkie czynniki organiczne i nieorganiczne“. Coraz częściej podkreślana jest potrzeba bardziej obiektywnego ujęcia gatunku za pomocą metod ilościowych, statystycznych. Hiltermann sugeruje 10 praw, które powinny być przestrzegane w pracach mikropaleontologicznych. Podaję je w streszczeniu:

1. Nowe nazwy gatunkowe można publikować tylko wtedy, gdy autor ma do porównania okazy pokrewnych gatunków.

2. Nowa nazwa gatunkowa jest często stosowana dla uniknięcia decyzji taksonomicznej. W razie wątpliwości należy stosować raczej otwartą nomenklaturę lub nazwę podgatunkową.

3. Bezwzględnie konieczne jest podawanie jasnej i niedwuznacznej definicji typu i diagnozy zmienności.

4. Zawsze należy podawać ilości okazów badanych, a dla nowych gatunków konieczna jest ilość co najmniej 10 osobników.

5. Graficzne i statystyczne opracowanie cech morfologicznych dostarcza obiektywnych danych porównawczych, co nie może być osiągnięte przez tylko opisową definicję.

6. Możliwie wszystkie cechy powinny być dobrze opisane i ich zależności przestudiowane. W obecnej praktyce niemożliwe jest publikowanie wszystkich pomiarów, aczkolwiek są one pierwszorzędym czynnikiem w wyborze cech taksonomicznie ważnych.

7. Należy przeprowadzić rewizję poszczególnych gatunków, używając wszystkich metod biologicznych, zwłaszcza statystycznej, oraz przestudiować wszystkie dane zoogeograficzne i biozonologiczne.

8. Międzynarodowy Kodeks Nomenklatury Zoologicznej powinien być w pełni przestrzegany.

9. Należy podawać fotografie i rysunki nie tylko holotypu, ale też paratypów.

10. Lista synonimów powinna być zestawiona możliwie krytycznie.

Wydaje mi się, że należałoby jeszcze dodać punkt podkreślający konieczność podawania danych litologicznych. Zbyt mało zwraca się uwagi na ścisły związek mikrofauny ze skałą, w której jest zawarta. Skamieniałości są częścią składową skały macierzystej i metody petrograficzne powinny być również uwzględniane w ich badaniu. W każdym razie wydaje mi się słuszne, by dla naświetlenia środowiska przy opisach mikrofauny podawać wszelkie dane litologiczne. A. ten Dam (7) zaleca zestawianie facjalnych profili mikropaleontologicznych z uwzględnieniem zawartości piasku, węgla wapnia, glaukonitu, pirytu, gipsu, szczątków roślinnych i innych mikroorganizmów (okrzemki, promienice), danych o makrofaunie itd. Choćż żaden z tych wskaźników sam nie decyduje, to jednak razem wzięte mogą dać obraz środowiska, w którym dane otwornice żyły i w których powstawał dany osad. Staranna analiza tych profili może dać obraz nie tylko poziomych i pionowych zmian facjalnych i być bardziej użyteczna niż sama tylko korelacja stratygraficzna, ale też może rzucić światło na anomalności w mikrofaunie, jeśli one wystąpią, lub na przyczyny zmienności mikrofauny. Na podstawie analizy wielu profili facjalnych A. ten Dam podaje następujące wnioski ekologiczne:

1. Duża ilość osobników planktonicznych wskazuje na dobre połączenie z otwartym oceanem. Wzrastająca ilość wskazuje na otwierające się połączenie basenu sedymentacyjnego z otwartym oceanem, malejąca — na zamykanie się połączenia. Brak planktonu (otwornicowego) może wskazywać na bardzo płytkie wody.

2. Duża ilość gatunków bentonicznych jest wskazówką dobrych warunków życiowych. Przy tym duża ilość osobników świadczy o

eutroficznych warunkach dna i zwykle towarzyszy im liczny plankton.

3. Mała ilość gatunków bentonicznych może wskazywać na niezdrowe i ograniczone warunki życiowe:

- a) mało zróżnicowana fauna o niewielu gatunkach i rodzajach a dużej ilości osobników jest wskazówką ograniczonych warunków życiowych w eutroficznym środowisku. Np. taka fauna z *Haplophragmoides* i *Trochammina* lub z *Rotalia beccari* i pewnymi gatunkami *Nonion* lub *Elphidium*, jeżeli towarzyszące litologiczne wskaźniki mówią o bliskości brzegu, może oznaczać brakiczne wody; bez tych wskaźników wody zimne lub głębokie. W tym drugim przypadku prawdopodobnie będzie dużo planktonu.
- b) Przy małej ilości osobników a dużej planktonu wskazywać może na oligotroficzne warunki denne.

4. Bardzo duża (wymiarami) fauna otwornicowa wskazuje na warunki szelfowe, czystą i ciepłą wodę. Stowarzyszona z licznym planktonem może wskazywać podwodne wyniosłości. Bez planktonu oznacza prawdopodobną bliskość brzegu albo mniej lub więcej zamknięty basen.

5. Mikrofauna z wielu osobnikami *Cassidulina* lub innego gatunku głębokowodnego może oznaczać głębokie wody ze sprzyjającymi warunkami dna.

6. Zawartość węglańca wapnia zwykle wskazuje na środowisko morskie i często połączona jest z licznym planktonem.

7. Wzrastająca zawartość piasku może wskazywać na bliskość brzegu lub zaakcentowany relief wybrzeża.

8. Szczątki roślinne i okruchy węgla oznaczają pobliże lądu. Warstwy węgla wskazują na warunki limniczno-lądowe i mają często wkładki osadów brakicznych.

9. Bogata flora okrzemek może być wskazówką powierzchni błotnistych i względnie brakicznych wód (np. podobnych do wód duńskich).

10. Glaukonit wydaje się być wskaźnikiem bliskości lądu (niezupełnie zgodne z nowszymi poglądami — 29).

Do tych wskaźników podanych przez A. ten Dama można dodać szereg innych zarówno nieorganicznych, jak organicznych, ale trzeba pamiętać, że nie można wyciągać z nich zbyt daleko idących wniosków ani zbyt ogólnie generalizować, szczególnie jeśli chodzi o osady kopalne. Nie można też opierać się na pojedynczych wskaźnikach, ale trzeba uwzględniać cały ich zespół, stosując metody ilościowe.

Analiza ekologiczna powinna być brana pod uwagę przy rozważaniach taksonomicznych, aby nie stwarzać osobnych gatunków na pod-

stawie odwracalnych zmian w morfologii skorupki wywołanych czynnikami zewnętrznymi.

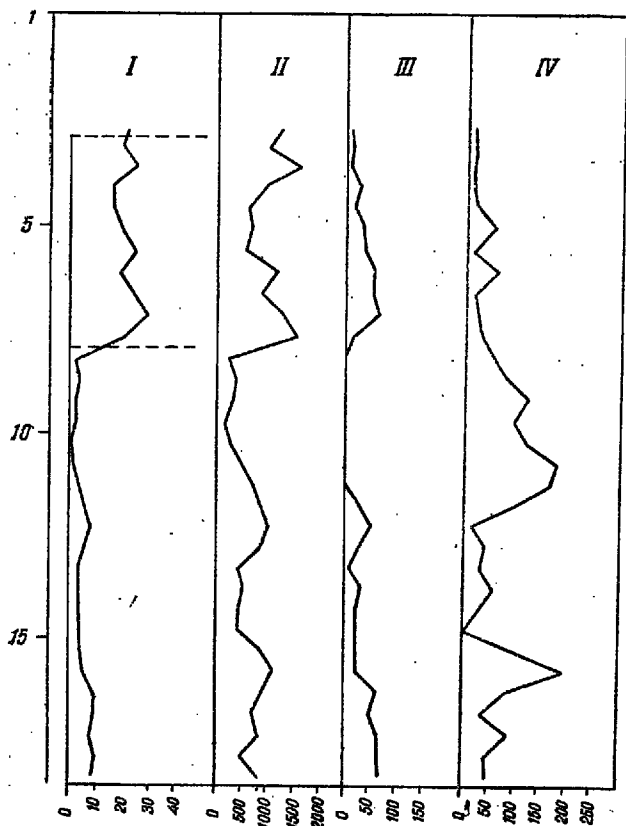
#### ZAGADNIENIE OTWORNIC PRZEMIESZCZONYCH

W badaniach ekologicznych musi się jednak zwracać uwagę na elementy przemieszczone zarówno organiczne, jak też nieorganiczne. Problem otwornic przemieszczonych jest bardzo ważny w badaniach ekologicznych, stratygraficznych i paleogeograficznych. Zamieszanie i przesuwanie zasięgu stratygraficznego wielu gatunków może być spowodowane nie tylko mylną klasyfikacją, ale przy prawidłowej klasyfikacji nie odróżnianiem form wy-preparowanych z warstw starszych od form tubylczych (in situ). Temu zagadnieniu poświęcono w ostatnich latach szereg prac, które powinny wzbudzić większe zainteresowanie.

Badania ekologii otwornic współczesnych, które są kluczem do badań otwornic kopalnych, są łatwiejsze do prowadzenia. Przy nowoczesnych metodach (np. barwikowych) można szybko odróżnić skorupki otwornic żywych lub niedawno padłych od skorupki otwornic martwych od dłuższego czasu, co do których zachodzi podejrzenie, że mogły zostać przemieszczone z innych obszarów. Te muszą być eliminowane z rozważań ekologicznych. Również badania laboratoryjne i eksperymenty są możliwe dla współczesnych otwornic. Znacznie trudniejsza sprawa jest z otwornicami kopalnymi. Przemieszczanie form równowiekowych nie wpływa na wnioski stratygraficzne, może nawet być przydatne wskutek rozszerzenia rozprzestrzenienia geograficznego form przewodnich, ale zaciemnia obraz ekologiczny. Znacznie bardziej skomplikowane jest zagadnienie otwornic wyerodowanych z warstw starszych i przemieszczonych do młodszych. Wbrew mniemaniom niektórych badaczy, że skorupki otwornic nie znoszą dalszego transportu, ponieważ uległyby zniszczeniu wskutek abrazji, Carter (5) twierdzi, że otwornice mogą być przemieszczane prądami na odległość 20 mil (około 37 km) bez uszkodzenia skorupki. Wymywanie otwornic z warstw starszych i powtórne ich osadzanie stwierdzili też inni autorzy, podkreślając ich dobry stan zachowania, co potwierdzają doświadczenia laboratoryjne. Wszak w celu wydobywania mikrofauny poddaje się badane próbki znacznie brutalniejszym procesom dezintegracji (miżdżenie w prasie, rozsadzanie wskutek krystalizacji, gotowanie, szlamowanie połączone nieraz z rozcieraniem) niż powolne wymywanie trwające setki lat, jakie może zachodzić w przyrodzie.

Carter słusznie podkreśla, że zjawiska przemieszczania otwornic i sortująca działalność prądów są znacznie częstsze, niż to bywa brane pod uwagę. Zjawiska te mogą być przyczyną różnych anomalii ekologicznych i poważ-

nych błędów w interpretacji facjalnej lub stratygraficznej. Statystyczną metodę odróżnienia skorupek tubylicznych od egzotycznych zastosował Carter do profilu pliocenu w Sutton. Otwornice zawarte w tych warstwach wykazały bardzo dobry stan zachowania w przeciwieństwie do szczątków innej fauny, wyraźnie obrabianej mechanicznie. Nasuwało się pytanie, czy i jakie otwornice również uległy przemieszczeniu? Autor wyszedł z założenia, że otwornice dryfujące muszą być częścią składową transportowanego materiału detrytycznego, zaś otwornice tubylicze nie powinny wykazywać zależności od uziarnienia osadu. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że większość zespołu otwornicowego jest allogeniczną, a tylko niektóre gatunki są tubylicze. Ilustrują to graficznie przedstawione wyniki obliczeń statystycznych, których przykład przedstawia ryc. 1.



Ryc. 1

I — % frakcji 30—60 w oryginalnej nieszlamowanej próbce (60 g). II — całkowita ilość otwornic wszystkich gatunków w tej frakcji z 20 g nieszlamowanego materiału. III — Całkowita ilość osobników *Rotalia beccarii* w tej frakcji z 20 g nieszlamowanego materiału. IV — jak poprzednio, ale osobników *Planorbulina mediterraneensis*. Skala pionowa profilu w stopach.

Krzywe gatunków egzotycznych są zgodne z krzywymi uziarnienia, zaś krzywe gatunków tubylicznych mają zupełnie niezależny przebieg. Metoda ta pozwala odróżnić otwornice przemieszczone, ale nie daje podstaw do odróżnienia wśród nich form równowiekowych od form wyerodowanych z warstw starszych.

Crouch (6) stara się ująć kryteria pozwalające rozwiązać to zagadnienie, ale stwierdza, że jest to problem nieraz bardzo trudny. Makroskamieniałości są łatwiejsze pod tym względem, ponieważ ślady obróbki mechanicznej są na nich widoczniejsze, a ośrodki ich zwykle pozwalają rozpoznać skałę macierzystą. Mikroskamieniałości, zwłaszcza w osadach ilastych, mają skorupki nieraz doskonale zachowane, a ośrodki, jeśli je posiadają, nie dają obrazu pierwotnego osadu. Jeżeli mamy do czynienia z formami o dobrze znanym zasięgu stratygraficznym i dużej różnicy czasowej, to można bez zbytecznego wahania uznać formy starsze za przemieszczone na złoża wtórne. Znanie są przypadki znajdowania się fuzulin w osadach plejstocenkich i pliocenich. Również *Gumbelina* i *Globotruncana* (bywają) znajdują w osadach plejstocenich.

Znacznie trudniejsza jest sprawa w przypadku występowania razem skamieniałości niezbyt odległych wiekiem. Wówczas pomaga dobra znajomość ekologii otwornic. Pomieszczenie form różnych pod względem ekologicznym jest wskazówką przemieszczenia przynajmniej częściowych form synchronicznych lub starszych. Ponieważ formy bentoniczne są znajduwane najliczniej w miejscach lub w pobliżu miejsc, na których żyły, to liczniejsze grupy ekologiczne można uznać za tubylicze. Jeżeli np. nieliczne zimnowodne lub głębokomorskie formy występują wśród licznych ciepłowodnych lub płytkowodnych, to zwykle te pierwsze są na wtórnym złożu, bo przemieszczanie w górę form synchronicznych jest mało prawdopodobne. Jednak występowanie nielicznych form płytkowodnych wśród licznych form głębokowodnych może oznaczać przemieszczenie form zarówno synchronicznych, jak też starszych. Niektóre gatunki otwornic są mniej lub bardziej ograniczone do dna mulistego, piaszczystego lub wapińskiego. Występowanie tych form w jednej próbie razem lub w osadzie o innym charakterze może być również wskazówką przemieszczenia z warstw synchronicznych lub starszych. Jednak czasem ekologiczne grupy mogą być przemieszczone do ekologicznie podobnych grup i w tym przypadku nie mamy możliwości (ani potrzeby) odróżniania form równowiekowych. Tylko dobra znajomość ewolucji otwornic pozwoliłaby odróżnić formy in situ od form wyplukanych z warstw starszych.

Crouch podkreśla również, że w problemie otwornic na wtórnym złożu ogromnie ważna jest znajomość geologii i paleogeografii danego obszaru. Pozwala ona na przewidywanie, kiedy i gdzie można się spodziewać mikrofauny przemieszczonej. Strukturalne depresje otoczone wyniesionymi starszymi warstwami narażonymi na erozję są obszarami, gdzie może zachodzić wymywanie starszych otwornic i osiadać ich na wtórnym złożu. Wyerodowane ot-

wornice są zwykle znajduwane w warstwach leżących niezgodnie na warstwach starszych, bo tu istniały też możliwości wymywania skoruppek otwornic z warstw starszych i ich wtórnego osadzania wraz z fauną tubyliczą. Prądy zawieszinowe są często przyczyną przemieszczania otwornic zarówno synchronicznych, jak starszych. Crouch, badając mikrofaunę denną szelfu San Pedro w ścisłym nawiązaniu do mikrofauny kopalnej w najbliższym otoczeniu, stwierdził liczne otwornice na wtórnym złożu. Niewiele więcej niż połowa próbek zawierała wyłącznie otwornice współczesne, żyjące. Prawie połowa próbek zawierała domieszki otwornic wypreparowanych z warstw starszych, z górnego miocenu, dolnego pliocenu i plejstocenu. W osadach plejstocenu stwierdził otwornice przemieszczone z trzech ekologicznie różnych stref i z trzech wiekowo różnych formacji.

#### ZASTOSOWANIE METOD ILOŚCIOWYCH

Badania mikrofaunistyczne oparte na metodach ilościowych, na analizie ekologicznej, paleontologicznej, strukturalnej dają nieraz dobre wyniki praktyczne, nawet przy obecnym dosyć ograniczonym stanie wiedzy o otwornicach. Wyjaśnić mogą różne niezgodności w mikrostratygrafii, które zwracały uwagę licznych badaczy. Jednocześnie osady mogą zawierać różniące się zespoły otwornic nawet w sąsiadujących profilach. Pewne poziomy otwornicowe ustalone w jednym profilu, w innych mogą leżeć wyżej lub niżej, przecinając granice wiekowe. Wyjaśnienie może leżeć w topografii dna morskiego i różnicach facjalnych. Said i Kenawy (26) podkreślają konieczność tektonicznej kontroli przy wnioskach stratygraficznych i facjalnych. Badali oni dwa profile górno-kredowe odległe od siebie zaledwie o kilka kilometrów i stwierdzili niezgodność pewnych wydzielonych uprzednio poziomów otwornicowych. Po szczegółowej ilościowej analizie mikrofauny oraz geologicznej struktury obszaru wyjaśnili te osobliwości charakterem dna morskiego. Jeden profil położony był w obniżeniu strukturalnym, gdzie powstawały osady głębszych wód, drugi zaś na zboczu wyniosłości charakteryzował się znacznie płytszymi i zredukowanymi osadami. Poziomy oparte na otwornicach planktonicznych *Globigerina* i *Truncorotalia*, aczkolwiek stosowane w wielu klasycznych opracowaniach, okazały się tu raczej poziomami facjalnymi. Linia ich pojawiania się tnie granice czasowe zależnie od postępu transgresji, ponieważ podobnie jak ich dzisiejsi przedstawiciele formy te są związane z morzem otwartym średnio głębokim. Odmienne zachowują się gatunki *Gumbelina* i *Globotruncana*, które są dobrymi formami przewodnimi w osadach morza płytkiego oraz głębokiego. Wśród otwornic bentonicz-

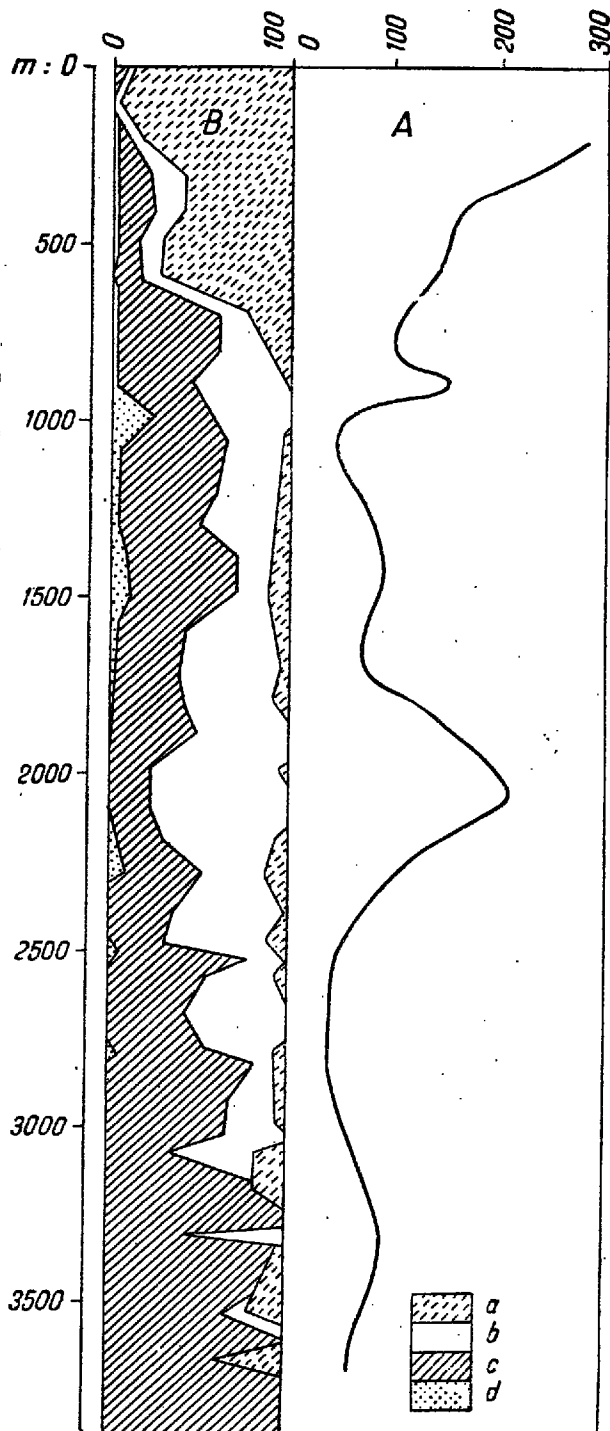
nych, które na ogół są bardziej wrażliwe na zmiany środowiska, również można wyróżnić dobre gatunki przewodnie np. z rodzajów *Bolivinoidea*, *Neoflabellina* i *Stensioina*. Z badań tych wynika, że dla stratygrafii ważniejsze są formy przewodnie o dobrze znanych zasięgach wiekowych, paleogeograficznych i facjalnych, niż ustalenie poziomów na podstawie całych zespołów mikrofaunistycznych lub okresowych zasięgów form długowiecznych.

Niestety, zarówno znajomość ekologii, jak i zasięgów stratygraficznych otwornic kopalnych jest jeszcze bardzo niedoskonała. Najczęściej bada się zależność otwornic od temperatury, głębokości, zasolenia, rzadziej od charakteru dna, pożywienia, zawartości  $\text{CaCO}_3$ , pierwiastków śladowych.

Le Calvez (4) badając otwornice plioceniczne Korsyki wysunął hipotezę, że zawartość  $\text{CaCO}_3$  w środowisku ma duży wpływ na skład mikrofauny. Stwierdził on na przykład brak miliolidów w osadach pliocenicznych, chociaż obecnie obficie występują u wybrzeży Morza Śródziemnego. Osady współczesne w litorale mają tu 40—45%  $\text{CaCO}_3$ , zaś plioceniczne tylko 20—25%. Dla *Lagenidae*, *Buliminidae*, *Rotalidae* wystarcza może 10—30%  $\text{CaCO}_3$ , ale dla bujnego rozwoju *Miliolidae* widocznie jest potrzebny większy procent. Obecne badania w zatoce Villefranche stwierdziły bogatą strefę miliolidową w litorale i sublitorale. Ilość miliolidów maleje w miarę zwiększania się głębokości. W abysale, gdzie  $\text{CaCO}_3$  nie strąca się, stwierdzono tylko formy zlepnicowate. Te wnioski znajdują też potwierdzenie w badaniach mikropaleontologicznych naszych terenów. W doggerze rejonu częstochowskiego *Miliolidea* są na ogół bardzo obfite w facji ilastej silnie wapnistej, zaś w podobnej i równowiekowej facji (lecz na ogół bezwapnistej) rejonu łęczyckiego otwornice te są dużo radsze lub brak ich zupełnie, gdy *Lagenidae* i *Rotalidae* są liczne w obydwu rejonach.

Tempère (30) zastosował ilościową metodę mikropaleontologiczną do poszukiwań naftowych. Na podstawie analizy mikrofaunistycznej i litologicznej neogenu wschodniego Algieru wydzielił biofacje charakteryzujące się odpowiednimi rodzajami otwornic. Stosunek form planktonicznych do bentonicznych pozwolił na przybliżone wnioskowanie o względnej głębokości zbiornika. Na podstawie ekologicznych badań Lowmana (19) została wykreślona krzywa batymetryczna osadów miocenskich, która wykazała 2 cykle sedymentacyjne wyraźnie zaznaczone przez mikrofaunę w profilu litologicznie mało zróżnicowanym. Badania te pozwoliły wytyczyć granicę między mioceniem górnym a dolnym w centralnej partii basenu w marglach o miąższości ponad 3000 m i przeprowadzić korelację z osadami partii brzeżnych basenu, gdzie serie mioceniczne są wyraźnie zindywidualizowane i odpowiadają

dwom cyklom sedymentacyjnym. Badania mikropaleontologiczne pozwoliły tu również na wnioskowanie o paleogeografii basenu i o możliwościach napotkania rezerwuarów piaszczystych, a więc o możliwościach napotkania ropy naftowej. Dla przykładu podaję według Tempère profil wiercenia w centralnej części badanego basenu.



Ryc. 2 — Profil margli miocenijskich wiercenia Bd. 3.

A — krzywa batymetryczna, B — procentowy skład biofacji, a — plankton, b — bentos infranerytyczny, c — bentos epinerytyczny i litoralny, d — bentos słonawowodny.

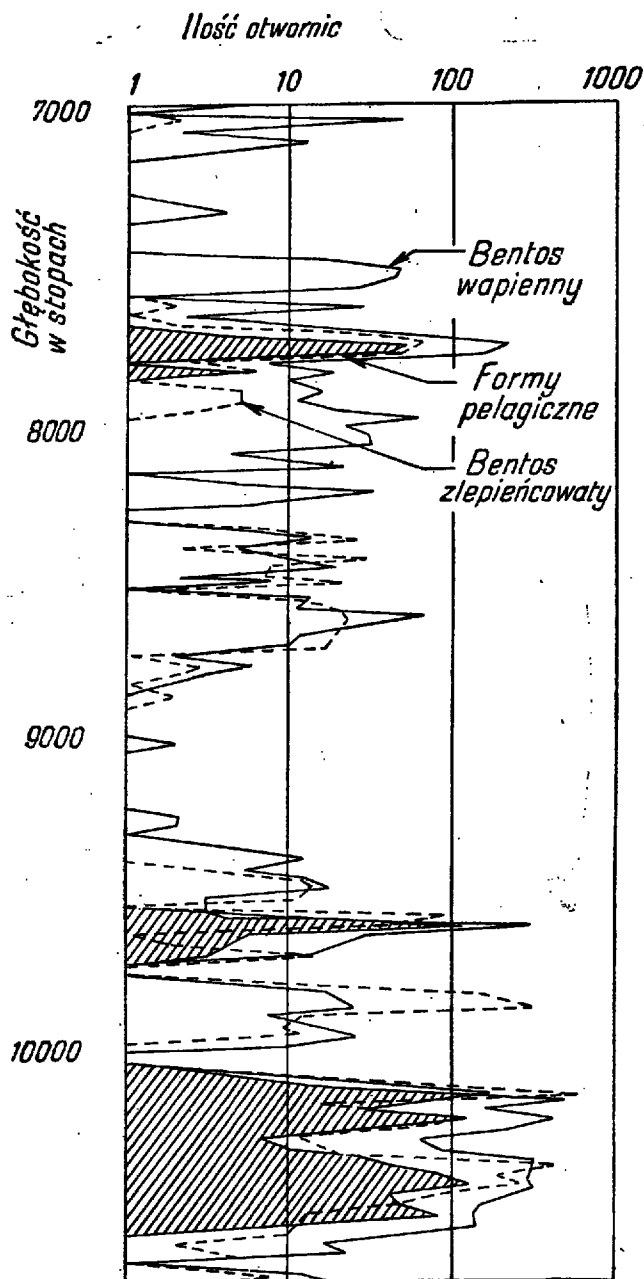
Tempère scharakteryzował podane facje na podstawie grup rodzajów otwornic:

- a — grupa planktoniczna — *Orbulina*, *Globigerina*, *Globigerinella*, *Globigerinoides*,
- b — infranerytyczna — *Bolivina*, *Bulimina*, *Cassidulina*, *Pullenia*, *Gyroldina*, *Sphaeroidina*,
- c — litoralno-nerytyczna i epinerytyczna — *Textularia*, *Karreriella*, *Cibicides*, *Eponides*, *Uvigerina*, miliolidy i lagenidy,
- d — słonawowodna — *Cyclammmina*, *Ammodiscus*, *Haplophragmoides*, *Rotalia*, *Nonion*, *Elphidium*.

Procentowa zawartość tych rodzajów w każdej próbie badanego profilu pozwoliła na określenie prawdopodobnej głębokości osadu na podstawie badań Lowmmana i wykreślenie wyżej przedstawionej krzywej batymetrycznej. Metoda ta pozwala na lepszą rejestrację zjawisk geologicznych, na stwierdzenie pogłębiania lub spłykania się zbiornika sedymentacyjnego, co w danym przypadku nie zostało zanotowane przez litologię osadów. Metoda ta pozwala również na wnioski stratygraficzne i korelację z sąsiednimi profilami. Metoda ta jednak musi być oparta na dobrej znajomości ekologii ikopalnych i współczesnych otwornic. Niestety, dziedzina ta jest bardzo mało zbadana i zdania co do zasięgów ekologicznych poszczególnych rodzajów lub rodzin są dosyć podzielone. Na przykład lagenidy według Glaesnera obecnie wiążą się ze środowiskiem raczej głębszych wód, w jurze zaś miały zasięg znacznie szerszy i występowały licznie w wodach płytszych. Na podstawie badań sedymentologicznych Pożaryska (24) stwierdziła, że lagenidy górno-kredowe środkowej Polski podobnie jak współczesne są liczniejsze w facji wód głębszych. Lazarek (18) w zestawieniu fauny otwornicowej z miocenu podaje uwagę, że lagenidy najczęściej spotyka się w wodach ciepłych i płytkich.

Badania nad ekologią współczesnych otwornic, prowadzone za pomocą metod szczegółowych i ilościowych, wykazują dużą zależność zespołów otwornicowych od różnych czynników środowiska. Sprecyzowanie tych czynników, uchwycenie zależności od nich składu mikrofauny, określenie tolerancji ekologicznej dla poszczególnych gatunków dałoby ściślejsze dane porównawcze dla badań nad mikrofauną kopalną. Na zbadanie zależności mikrofauny kopalnej od tych czynników pozwoliłyby też metody petrograficzne i analiza sedymentologiczna w terenach dobrze i wszechstronnie poznanych pod względem geologicznym.

Poważna większość autorów stwierdza, że metody ilościowe dają lepsze, obiektywniejsze wyniki i roszą lepsze nadzieje w szerszym zakresie zastosowania niż same tylko metody jakościowe, jednak ze względu na to, że pochłaniają dużo czasu, są stosunkowo mało używane w mikropaleontologii. W dziedzinie kla-



Ryc. 3 — Ilościowa analiza mikropaleontologiczna według S. P. Ellisona na podstawie pracy Israelskiego.

syfikacji pozwalają na rozstrzygnięcie wątpliwości i określenie zasięgu zmienności oraz lepszą diagnozę gatunku. Przy odróżnianiu form tubylczych od egzotycznych przytoczyłam wyżej przykład metody ilościowej. O zastosowaniach tych metod w badaniach paleoklimatycznych i stratygraficznych wspomniał niedawno J. Morawski (20). W badaniach paleoekologicznych, paleogeograficznych, stratygraficznych metody statystyczne nabierają coraz większego znaczenia. Trudno jest w tak krótkim artykule szerzej omawiać te metody i ich zastosowanie. Ograniczę się więc jeszcze tylko do przykładu z pracy Ellisona (10).

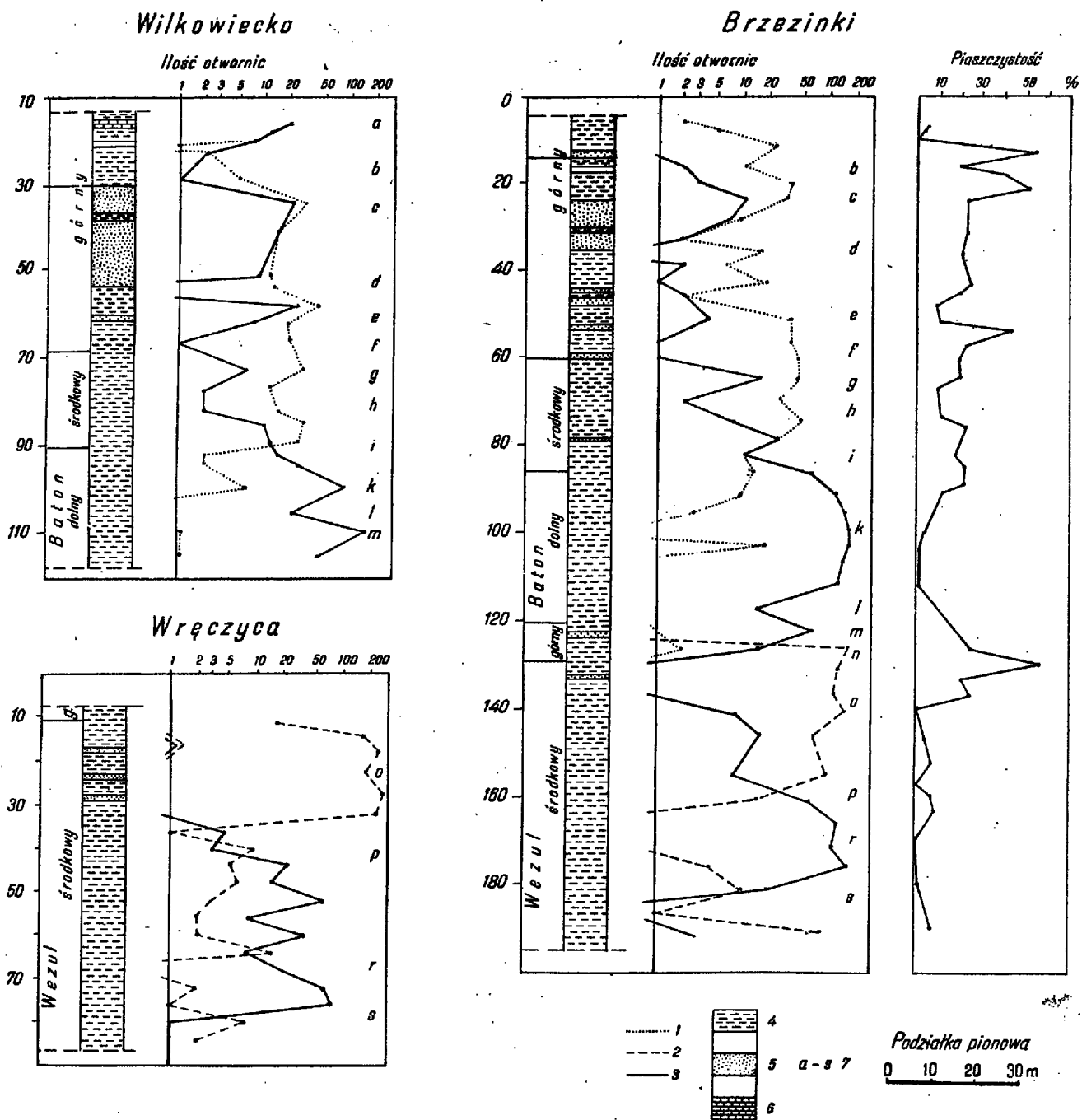
Krzywe tu przedstawione mogą być porównane do profili elektrycznych lub radioaktywnych stosowanych w profilowaniu geologicznym. Obrazować mogą zmiany facjalne i ewolucję basenu sedimentacyjnego i mogą być przydatne przy przeprowadzaniu korelacji między wierceniami. Ujęte przestrzennie mogą wytyczać zarysy lądów i kierunki prądów.

Nawet tylko przybliżone metody ilościowe mogą oddawać duże usługi w przeprowadzaniu korelacji między profilami. Poniżej podaję dla przykładu wykresy dla trzech profili z wierzeń w rejonie częstochowskim. Wzięto tu pod uwagę wycinki z doggeru rozpoziomowane na podstawie mikrofauny (22, 23) i obliczono w kolejnych próbkach ilość tylko trzech form wskaźnikowych z mniej więcej równych objętościowo ilości przeszlamowanego materiału. Przebieg krzywych jest tak charakterystyczny i ma tyle punktów zbieżnych, że pozwala na stosunkowo dokładną korelację i rozpoziomowanie. Zaznacza się też zgodność z poziomami stratygraficznymi wydzielonymi przez Znoskę (33) na podstawie makrofauny i litologii. Wpływ litologii na stosunki ilościowe otworów nie jest zbyt wyraźny, ale próbki nie były pobierane pod tym kątem widzenia. Uproszczony profil litologiczny zestawiono na podstawie danych wziętych z pracy Osiki i Sawickiej-Ekiertowej (21). Na podstawie procentów piaszczystości ilów podanych w tej pracy wykreśliłam krzywą dla profilu w Brzezinkach. Krzywa ta wykazuje pewną korelację z liczebnością formy *Ophthalmidium carinatum agglutinans* w dolnej części profilu. Większa piaszczystość wiąże się z zanikiem tej formy, zanik piaszczystości zaś z silnym jej rozwojem. Ku górze profilu jednak zależność ta przechodzi w odwrotną.

Wyjaśnienie tego zjawiska wymagałoby szczegółowego przebadania tej zależności w sąsiednich profilach, ale najprawdopodobniej forma ta ginie na tym obszarze, w ogóle nie przechodząc do najwyższego doggeru. *Quinqueloculina* sp. wykazuje pewną zależność od piaszczystości a zarazem od wapnistości osadu, ponieważ na ogół wapnistość wzrasta na tym obszarze ku górze profilu. W rejonie łączyckim, gdzie warstwy te są raczej bezwapniste, a zapiaszczenie większe, forma ta wcale nie występuje. *Ophthalmidium carinatum terquemii* nie wykazuje zależności od zapiaszczenia, a raczej od wapnistości, bo forma ta w rejonie łączyckim również nie została znaleziona.

Muszę podkreślić, że krzywe zostały wykreślone na podstawie tylko przybliżonych obliczeń, bo próbki na mikrofaunę nie były pobierane w celach statystycznych, a procent piaszczystości był obliczany zupełnie niezależnie. Mimo tego jednak podobny charakter krzywych powtarza się również w sąsiednich wierceniach, co może świadczyć, że nie jest to zjawisko przypadkowe. Precyzyjniejsze zastosowanie





Ryc. 4

1. — *Quinqueloculina* sp., 2 — *Ophthalmidium carinatum terquemi*, 3 — *Ophthalmidium carinatum agglutinans*, 4 — ility i ilolupki partiami piaszczyste, 5 — piaski i piaskowce, 6 — wapień, 7 — punkty korelacyjne krzywych.

wanie metod ilościowych dałoby niewątpliwie precyzyjniejsze wyniki, pozwalające na interpretację nie tylko stratygraficzną, ale i batymetryczną.

**PORUSZONE ZAGADNIENIA WSKAZUJĄ** na potrzebę pogłębienia i rozszerzenia prac mikropaleontologicznych w Polsce oraz ściślejszego ich powiązania z innymi dziedzinami nauk o Ziemi. Słusznie prof. R. Kozłowski i prof. F. Bieda już w r. 1950 podkreślali, że

badania mikropaleontologiczne muszą być prowadzone zarówno w kierunku teoretycznym, jak też praktycznym. Dopiero szczegółowe poznanie otwornic pod względem morfologicznym, systematycznym, filogenetycznym, ekologicznym i stratygraficznym przyniesie należytą korzyść geologowi. Badania te są bardzo żmudne i pochłaniają wiele czasu, ale mamy wiele przykładów, że trud i czas poświęcony tym pracom opłaca się, dając pewną i obiektywną podstawę dla wniosków stratygraficznych, facjalnych i paleogeograficznych. Badania te mogą doprowadzić do ustalenia niezawodnych wskaźników, co w przyszłości ułatwi i skróci prace o kierunku praktycznym.

L I T E R A T U R A

1. Bieda F. — Zagadnienia mikropaleontologii w Polsce. „Roczn. PTG“ T. 20, Kraków 1951.
2. Boltovskoy E. — Application of chemical ecology in the study of the foraminifera. „Micropaleontology“, V. 2, No. 4, New York 1956.
3. Boltovskoy E. — Beobachtungen über den Einfluss der Ernährung auf die Foraminiferenschalen. „Pal. Zeit.“ V. 28, Stuttgart 1954.
4. Le Calvez Y. — Les Foraminifères du pliocène de la Corse. Bul. Soc. Géol. de France. T. 6, Fasc. 4—5, Paris 1956.
5. Carter D.J. — Indigenous and exotic foraminifera in the Coralline Crag of Sutton, Suffolk. „Geol. Mag.“ vol. 88, No. 4, Hertford 1951.
6. Crouch R. — Paleontology and paleoecology of the San Pedro Shelf and vicinity. „Journ. Sed. Petr.“ Vol. 24, 1954.
7. Dam ten A. — Micropaleontological facies-logs. „The Micropal.“ V. I, No. 2, New York 1947.
8. Ellis B.F. — The Department of Micropaleontology. „The Micropal.“ V. I, No. 1, New York 1947.
9. Ellis B.F., Messina A.R. — Catalogue of Foraminifera Spec. Publ. Amer. Mus. Nat. Hist., 1940—1954.
10. Ellison S.P. — Microfossils as environment indicators in marine shales. „Journ. of Sed. Petr.“ Vol. 21, No. 4, 1951.
11. Glaessner M. — Taxonomic, stratigraphic and ecologic studies of foraminifera and their interrelations. „Micropaleontology“ Vol. 1, No. 1, New York 1955.
12. Hültermann H. — Ten rules concerning the nomenclature and classification of the Foraminifera. „Micropaleontology“ V. 2, No. 3, New York 1956.
13. Hofker J. — On *Asterigerina gürichi* (Franke) and remarks on polymorphism and the stratigraphic use of Foraminifera. „Journ. Pal.“ V. 21, No. 4, Menasha 1948.
14. Hofker J. — What is the genus *Eponides*? „The Microp.“ V. 4, No. 1, New York 1950.
15. Hofker J. — Kleinforaminiferen und paläontologische Chronologie. „N. Jahrb. geol. Pal.“ H. 2, Stuttgart 1955.
16. Israelsky M.C. — Foraminifera of the Lodo-formation Central California. Geol. Surv. Prof. Pap. 240-B, Washington 1955.
17. Kozłowski R. — Główne problemy paleozoologii w Polsce. „Roczn. PTG“ T. 20, Kraków 1951.
18. Lazarek M. — Trzeciorzęd między Boguciami a Wiślicą. „Przegl. Geol.“ 1957, nr. 3.
19. Lowman S.W. — Sedimentary facies in Gulf Coast. Bull. Am. Ass. Petr. Geol. V. 33, No. 12, 1949.
20. Morawski J. — Czwartorzędowe osady głębokomorskie. „Przegl. Geol.“ 1957, nr. 3.
21. Osika R., Sawicka-Ektertowa E. — Profile litologiczne wierceń i opis mikroskopowy rud. IG. Biul. Badania geol. iłów rudonośnych jury krakowsko-wieluńskiej t. I. Warszawa 1954.
22. Pazdrowa O. — *Ophthalmidium* wężuła i batonu okolic Częstochowy. IG. Biul. 121 (w druku).
23. Pazdrowa O. — Próby rozpoziomowania iłów rudonośnych na podstawie mikrofauny, IG. Biul. Badania geol. iłów rudonośnych, t. I.
24. Pożaryska K. — *Lagenidae* z górnej kredy (Polski) (w druku).
25. Redmond C. — What is the genus *Eponides*? „The Microp.“ V. III, No. 4, New York 1949.
26. Salid R., Kenawy A. — Upper cretaceous and lower tertiary foraminifera from northern Sinai, Egypt. „Micropaleontology“, V. 2, No. 2, New York 1956.
27. Schindewolf O.H. — Grundlagen und Methoden der Paläontologischen Chronologie. Berlin 1950.
28. Slama Don C. — Arenaceous tests in foraminifera an experiment. „The Micropal.“ V. 8, No. 1, New York 1954.
29. Smulikowski K. — Rozważania na temat glaukonitu. „Przegl. Geol.“ 1953, nr. 2.
30. Tempère C. — Quelques applications des biofaciès à l'étude stratigraphique et paléogéographique du bassin néogène du Bas-Chelif. Bull. Soc. Géol. France T. VI, Fasc. 6, Paris 1956.
31. Thalman H.E. — Bibliography and index to new genera, species and varieties of Foraminifera for the year 1954. „Journ. Pal.“ V. 30, No. 2, Menasha 1956.
32. Wood A. — The structure of the wall of the test in the foraminifera. „Quart. Journ. Geol. Soc.“ 104, London 1948.
33. Znosko J. — Stratygrafia iłów rudonośnych na podstawie otworów wiertniczych. IG. Biul. Badania geol. iłów rudonośnych jury krakowsko-wieluńskiej T. I i II.