

Krzysztof JAWOROWSKI

Miąższościowo-procentowa metoda litokorelacji

WSTĘP

Podczas badań osadów dolnego kambru, prowadzonych przez Instytut Geologiczny we wschodniej Polsce, wynikła konieczność znalezienia nowych rozwiązań metodycznych w dziedzinie ilościowej litokorelacji opracowywanych profilów. Litokorelacja ilościowa, tzn. powiązanie profilów geologicznych na podstawie liczbowo określonych cech litologicznych, należy do najstarszych metod stratygrafii.

Ogólnie rzecz biorąc, ściśle metody litokorelacji rozwinęły się w dwóch zasadniczych kierunkach, polegających na:

— przedstawieniu w formie rysunkowej szeregu rytmów sedymentacyjnych, przy czym kolejne numery rytmów umieszcza się w jednakowych odstępach na pionowej osi wykresu (ujęcie to zastosowano w niniejszym artykule), a na osi poziomej odkłada się miąższość bądź całych rytmów, bądź ich elementów (G. De Geer, 1940; N. B. Wassojewicz, 1948);

— analizie zilustrowanego graficznie następstwa powtarzających się rytmicznie różnych osadów (analiza sekwencyjna, B. Mamet, 1972).

Przedstawiona dalej metoda miąższościowo-procentowa uwzględnia oba te kierunki. I choć jest prostsza, to jednak (podobnie jak analiza sekwencyjna) pozwala na korelację osadów także wzdłuż linii największej zmienności facjalnej (poprzecznie do rozciągłości stref facjalnych). Istota tej metody polega na niezmiernie prostym przetworzeniu matematycznym jednej z podstawowych, ilościowych cech litologicznych, jaką jest miąższość warstw osadów okruchowych (klastycznych). Przez osady okruchowe rozumie się tu zarówno terygeniczne piaskowce i zlepnie, jak i węglanowe osady okruchowe złożone z intraklastów, litoklastów, szczątków organicznych, oolitów i pelletów tkwiących w sparytowej lub mikrytowej masie podstawowej (por. R. L. Folk, 1962). Do osadów nieokruchowych zaliczono utwory strącone chemicznie oraz, choć nie jest to ściśle, wszystkie osady ilaste i mikrytowe osady węglanowe.

Miąższościowo-procentowa metoda litokorelacji daje najlepsze wyniki, gdy przedmiot badań stanowią przewarstwiające się wzajemnie osady okruchowe i nieokruchowe. Można się nią jednak posługiwać także

w badaniach osadów wyłącznie okruchowych, jeśli składają się one z występujących na przemian warstw o różnej wielkości ziarna. Omawiana metoda może być z powodzeniem stosowana przy badaniach profilów wiertniczych. Dotyczy to nawet profilów znikomo rdzeniowanych lub w ogóle nie rdzeniowanych, jeśli tylko wskazania geofizyki wiertniczej pozwalają na wydzielenie warstw osadów okruchowych.

ZAŁOŻENIA OGÓLNE

Rozpatrując paleogeografię zbiornika sedimentacji można wyróżnić następujące dwa główne przypadki położenia strefy akumulacji materiału okruchowego w stosunku do linii brzegowej:

1. Akumulacja przybrzeżna (fig. 1A). Strefa akumulacji materiału okruchowego ciągnie się bezpośrednio przy linii brzegowej. Materiał ten, dostarczony z przyległego lądu, transportowany jest od brzegu w kierunku centralnych partii zbiornika. Powstaje szereg klinów osadów okruchowych ząbających się z nieokruchowymi (lub okruchowymi o mniejszym ziarnie). Wspomniane kliny rozszerzają się w kierunku brzegu zbiornika. W tym też kierunku wzrasta ziarno i łączna miąższość materiału okruchowego.

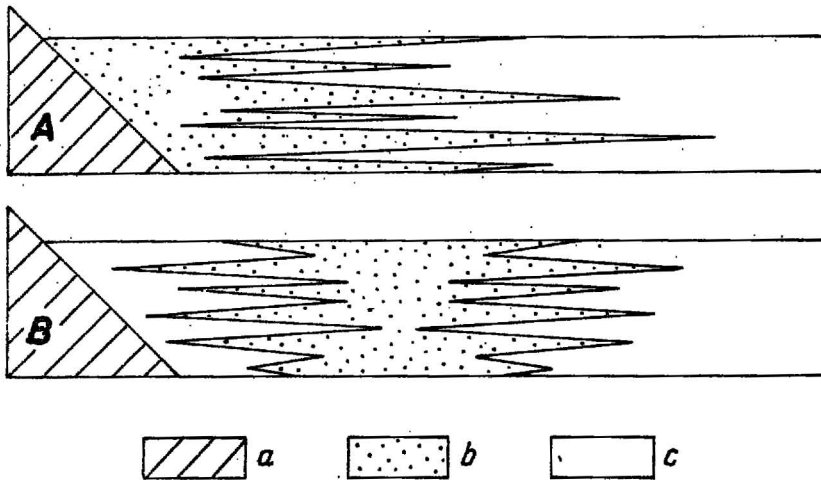


Fig. 1. Schematy akumulacji materiału okruchowego

Schemes of clastic material accumulation

A — akumulacja przybrzeżna; B — akumulacja barierowa; a — ląd; b — materiał okruchowy; c — materiał nieokruchowy

A — near-shore accumulation; B — barrier accumulation; a — land; b — clastic material; c — non-clastic material

2. Akumulacja barierowa (fig. 1B). Strefa akumulacji materiału okruchowego występuje w pewnej odległości od linii brzegowej tworząc bariery i płycizny. W tym przypadku materiał okruchowy, po dostarczeniu go do zbiornika przez rzeki, rozprowadzany jest równolegle

wzdłuż brzegu lub prostopadle do niego zarówno do, jak i od ładu. Kliny materiału okruchowego rozszerzają się w kierunku podłużnej (równoległej do brzegu) osi barier i pływ. W tym samym kierunku oraz wzdłuż strefy akumulacji, w miarę zbliżania się do miejsca dopływu materiału klastycznego, wzrasta ziarno i łączna miąższość osadów okruchowych.

Oba przypadki akumulacji osadów okruchowych opisano wyżej z myślą o zbiornikach płytkowodnych, jakimi są rozległe morza epikontynentalne. Godny uwagi jest jednak fakt, że przestrzenny aspekt tych dwóch rodzajów akumulacji bez przeszkód można odnieść do głębokowodnej sedymentacji geosynkinalnej typu fliszowego. Przypadek 1 odpowiada akumulacji osadów okruchowych dokonującej się dzięki prądom zawieszinowym transportującym materiał poprzecznie do osi zbiornika fliszowego, a przypadek 2 można wiązać z działalnością prądów zawieszinowych rozprzestrzeniających się wzdłuż tej osi.

Zasięg poziomy i miąższość klinów, innymi słowy przebieg zygzakowatej linii dzielącej na przekrojach geologicznych osady okruchowe i nieokruchowe, zależy od intensywności i długotrwałości czynników powodujących napływ materiału klastycznego do zbiornika. Identyfikacja tych czynników (głównie tektonicznej i klimatycznej natury) oraz analiza przyczyn ich oscylacyjnego działania wykraczają poza ramy niniejszego artykułu.

Celem litokorelacji, zgodnie z przedstawionym tu ujęciem, jest powiązanie ze sobą odległych profilów przez znalezienie w nich warstw należących do tych samych klinów klastycznych. Oznacza to konieczność powiązania w obrębie każdego klina jego partii bliskich, środkowych i dalekich. Te ostatnie pojęcia dotyczą względnej odległości od miejsca, z którego napływa materiał okruchowy. Tak postawione zadanie można wykonać przy spełnieniu następujących założeń:

— klin klastyczny o grubszej podstawie jest bardziej rozległy niż klin o podstawie cieńszej;

— w osiowej części każdego klina ziarno materiału okruchowego, znajdującego się u jego podstawy, jest co najmniej nie mniejsze niż ziarno materiału występującego w jego wierzchołku.

O tym czy założenia te są spełnione decyduje stosunek tempa sedymentacji do tempa obniżania dna (subsydencji) i do poziomu energetycznego wód zbiornika w różnych jego miejscach. I tak na przykład, jeśli tempo subsydencji jest lokalnie zbyt małe w stosunku do tempa sedymentacji, część osadu, mimo okresowego zwiększenia jego ilości, zostanie usunięta.

Miąższościowo-procentowa metoda litokorelacji uwzględniająca miąższość warstw klastycznych i wielkość występującego w nich ziarna koreluje wydarzenia sedymentacyjne. Przede wszystkim zwiększenie lub zmniejszenie podaży materiału okruchowego. Wydarzenia tego rodzaju najczęściej obejmują różne partie zbiornika w różnym czasie. Nie jest to więc korelacja izochroniczna. Z tego względu, omawiana tu metoda zakłada konieczność dowiązania się, w obrębie badanego kompleksu, do co najmniej jednej granicy stratygraficznej, którą można uznać za izochroniczną. (Granica określona na podstawie szczątków organicznych lub związana z przewodnim poziomem litologicznym — np. bentonitowym).

Przy niewielkiej odległości porównywanych profilów (trudno tu wszakże podać kryterium niewielkiej odległości), a także w przypadku gwałtownego napływu materiału okruchowego (np. turbidity), litokorelacja dokonana metodą miąższościowo-procentową, praktycznie rzecz biorąc, będzie izochroniczna.

RYSUNKOWE PROFILE LITOLOGICZNE

Stosowanie metody miąższościowo-procentowej jest bardzo ułatwione, jeśli rysunkowe profile litologiczne sporządza się metodą odcinka jednorodnego. Metoda ta polega na podzieleniu profilowanych osadów na szereg odcinków o jednakowej miąższości. Każdy z takich odcinków uznaje się za jednorodny litologicznie, tzn. przyjmuje się, że na całej jego długości występuje ten typ skały, jaki w owym odcinku dominuje. Jeśli profiluje się kompleks złożony z występujących na przemian piaskowców i iłowców, a za odcinek jednorodny przyjęto 0,5 m, to kolejne półmetrowe odcinki profilu zalicza się bądź do piaskowców, bądź do iłowców — w zależności od tego, która z tych skał w nich przeważa. Profil sporządzony metodą odcinka jednorodnego ilustruje więc pionową zmienność osadów w sposób skokowy. Najmniejszy „skok”, to miąższość odcinka jednorodnego. Miąższość tę, tzn. grubość „plasterków” na jakie dzieli się badany profil zakładając jednorodność każdego z nich, przyjmuje się w zależności od ustalonej orientacyjnie najczęstszej miąższości warstw i od żądanej dokładności. Jeśli konieczne jest sprofilowanie z dokładnością do 0,5 m, to odcinek jednorodny, oczywiście, nie może być większy.

Przedstawiając graficznie profil sporządzony metodą odcinka jednorodnego najpraktyczniej jest ilustrować wielkość ziarna grubością słupka litologicznego (np. iłowce — 0,4 cm, piaskowce drobnoziarniste — 0,6 cm, średnioziarniste — 0,8 cm, por. fig. 7). Jeśli rozpatrywaną grupę profilów sprofilowano metodą odcinka jednorodnego, co przy litokorelacji miąższościowo-procentowej jest wskazane, lecz niekonieczne, to wówczas miąższość tego odcinka powinna być jednakowa we wszystkich przypadkach.

KONSTRUKCJA KORELODIAGRAMÓW

Dla uproszczenia, w dalszym ciągu niniejszej pracy pojęcie osadów okruchowych zostanie zastąpione piaskowcami, a nieokruchowych — iłowcami.

Oba omówione poprzednio przypadki położenia strefy akumulacji materiału okruchowego w stosunku do linii brzegowej można sprowadzić do sytuacji pokazanej na fig. 2. Wzajemne zazębianie się klinów piaszczystych i ilastych zachodzi zarówno przy przejściu od przybrzeżnych osadów piaszczystych do utworów ilastych odległych od brzegu, jak i przy przejściu od osiowej części bariery lub płycizny piaszczystej z jed-

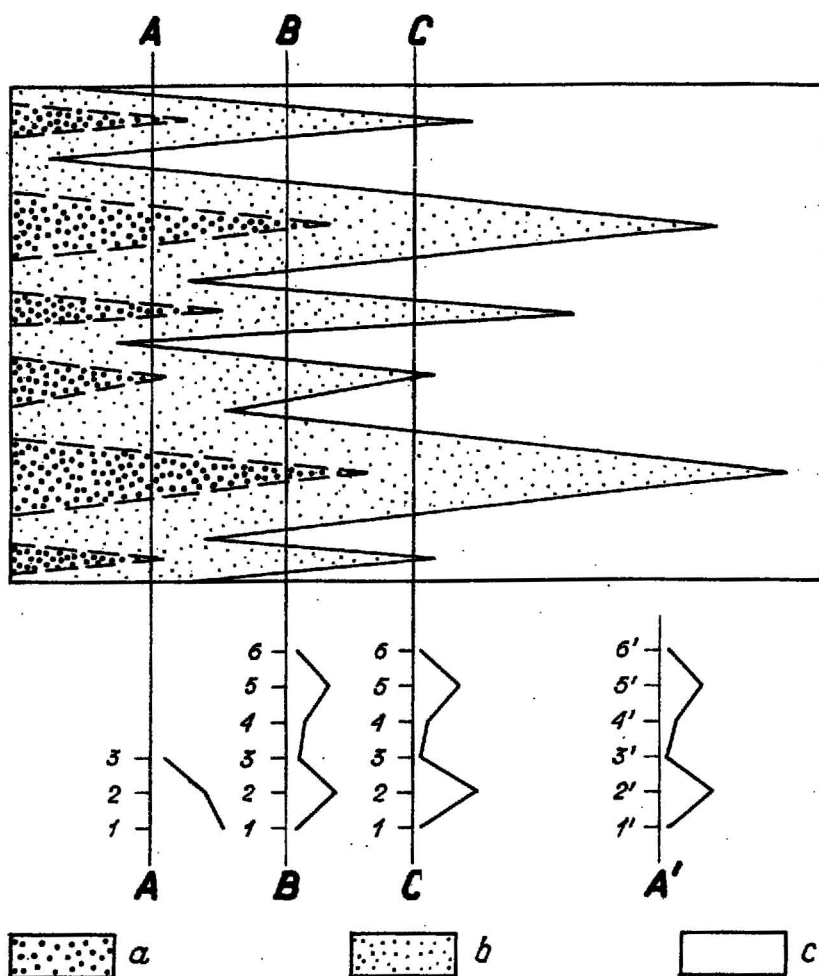


Fig. 2. Konstrukcja korelodiagramów

Construction of correlation diagrams

A, B, C — linie profili i odpowiadające im korelodiagramy; A' — rozszczepiony korelodiagram A; a — piaskowce gruboziarniste; b — piaskowce drobnoziarniste; c — ilowce

A, B, C — profile lines and corresponding correlation diagrams; A' — splitted correlation diagram; a — coarse-grained sandstones; b — fine-grained sandstones; c — siltstones

nej strony — do ilastych osadów przybrzeżnych, a z drugiej — do ilastych osadów centralnej partii zbiornika.

Wracając do fig. 2 tok czynności przy stosowaniu miąższościowo-procentowej metody litokorelacji można przedstawić następująco. Rozpatruje się trzy profile: A, B i C z zamiarem skorelowania warstw piaskowców. W tym celu należy dla każdego profilu osobno zsumować miąższości wszystkich warstw piaskowców występujących w badanym kompleksie i przyjąć ją za 100%. Potem oblicza się jaki procent łącznej

miąższości piaskowców z danego profilu stanowią miąższości ich poszczególnych warstw. Następnym krokiem jest konstrukcja wykresu, w którym na osi rzędnych odkłada się w równych odstępach kolejne numery warstw piaskowców, a na osi odciętych obliczone dla nich wartości procentów (tzn. procenty jakie stanowią miąższości poszczególnych warstw piaskowców przy założeniu, że ich łączna miąższość wynosi 100%). Określone tymi współrzędnymi punkty łączy się uzyskując korelodiagram danego profilu. Każdy korelodiagram składa się więc z pionowej osi, na której umieszczono numery warstw piaskowców, oraz z krzywej litokorelacji. Wyrazistość tej ostatniej zależy od skali jaką przyjęto przy odkładaniu wartości procentów. Zarówno skalę pionową (równomierne odstępki między numerami warstw) jak i poziomą (wartości procentów) dobiera się dowolnie.

Porównując ze sobą wychylenia krzywych litokorelacji sporządzonych dla różnych profili koreluje się warstwy piaskowców. Szczególnie wyraźne wychylenia krzywych, w kierunku wyższych wartości obliczonych procentów, można ponumerować (np. tak jak na fig. 6) przypisując te same numery na wszystkich korelodiagramach wychyleniom uznany za reprezentujące te same kliny klastyczne. Porównywanie krzywych litokorelacji jest czynnością w pewnej mierze subiektywną. Opiera się ona jednak na ścisłych danych ilościowych (przetworzone miąższości warstw). Zwiększa to znacznie obiektywność przeprowadzonej korelacji.

Sytuacja przedstawiona na fig. 2 jest bardzo prosta i... bardzo teoretyczna. W praktyce krzywe litokorelacyjne nie zgadzają się ze sobą tak dobrze. W miejscach poszczególnych profili, na skutek lokalnej zmienności tempa sedymentacji i subsydencji, miąższości klinów piaszczystych mogą kształtować się znacznie bardziej kapryśnie niżby to wynikało z przyjętego tu prostego modelu.

W sposób podobny do opisanego wyżej można takie sporządzić korelodiagramy dla profili położonych w bardziej odległych od brzegu partiach zbiornika niż te, które objęte są sedymentacją piaszczysto-ilastą. W profilach tego rodzaju, gdzie występują niemal wyłącznie osady ilaste, za warstwy materiału okrucowego uznaje się warstwy ilowców z domieszką materiału piaszczystego. Dalej postępuje się tak jak poprzednio. (Sumuje się miąższość wszystkich warstw ilowców piaszczystych, przyjmuje ją za 100% itd).

ROZSZCZEPIENIE KORELODIAGRAMÓW

Profile położone w partii zbiornika objętej bliższymi (proksymalnymi) częściami klinów klastycznych niemal w całości reprezentowane są przez piaskowce. Przewarstwień ilastych, a tym samym oddzielnych warstw piaskowców jest niewiele. Korelodiagramy sporządzone dla takich profili składają się z nielicznych punktów. Łącząca je krzywa korelacji nie da się porównać z krzywymi zestawionymi dla profili reprezentujących partie zbiornika objęte środkowymi i dalszymi częściami klinów klastycznych, gdzie występują na przemian liczne war-

stwy piaskowców i ilowców. Sytuację taką ilustruje (na fig. 2) profil A oraz sporządzony dlań korelodiagram. Jak widać korelodiagram A w niczym nie przypomina korelodiagramów B i C. W takim przypadku, tzn. gdy rozpatrywany profil niemal w całości reprezentowany jest przez piaskowce, zestawiony dlań korelodiagram należy rozszczepić.

Dokonuje się tego w ten sposób, że w rozpatrywanym profilu nie uwzględnia się wszystkich warstw piaskowców, lecz jedynie warstwy o grubszym ziarnie — np. piaskowców gruboziarnistych (oraz oczywiście wszystkie warstwy o jeszcze większym ziarnie, tj. warstwy piaskowca bardzo gruboziarnistych i zlepieńców). Wszystkie warstwy piaskowca gruboziarnistego sumuje się wówczas przyjmując ich łączną miąższość za 100%. Dalej, podobnie jak poprzednio, oblicza się jaki procent ogólnej miąższości wszystkich warstw piaskowców gruboziarnistych stanowią ich poszczególne warstwy. Na koniec konstruuje się korelodiagram według zasad podanych w poprzednim rozdziale. W tym przypadku jednak numery warstw dotyczą jedynie warstw piaskowców gruboziarnistych (oraz piaskowców o jeszcze grubszym ziarnie). Dla uniknięcia nieporozumień, w korelodiagramach rozszczeplonych numery warstw (oś rzędnych) opatruje się kreseczką z prawej strony u góry. Tego rodzaju korelodiagram — A' przedstawiony jest na fig. 2. Zastąpił on nieczytelny korelodiagram A. Rozszczeplenia dokonano uwzględniając warstwy piaskowców gruboziarnistych (drobnoziarniste pominięto).

Sytuacja pokazana na fig. 2 jest przykładem uproszczonym. W praktyce, gdy badany kompleks składa się z szeregu warstw piaskowców o różnym ziarnie (a nie tylko drobno- i gruboziarnistych) i zachodzi konieczność rozszczeplenia korelodiagramu, postępuje się następująco. Pomija się piaskowce drobnoziarniste rozpatrując warstwy wszystkich pozostałych (tj. o grubszym ziarnie) według zasad podanych wyżej. Jeżeli uzyskany korelodiagram da się porównać z innymi, rozszczeplenie można uznać za zakończone. Jeśli nie, konstruuje się korelodiagram następny, pomijając piaskowce drobno- i średnioziarniste. Jeśli i tym razem uzyskany korelodiagram jest nieczytelny, przy konstrukcji następnego pomija się piaskowce drobno-, średnio- i gruboziarniste, a gdy zajdzie konieczność dalszego rozszczeplenia, piaskowce drobno-, średnio-, grubo- i bardzo gruboziarniste, aż do wyczerpania wszystkich możliwości (łącznie ze zlepieńcami o różnym ziarnie).

PUNKTY ZWROTNE

Po skonstruowaniu krzywych litokorelacji i skorelowaniu warstw piaskowców z różnych profiliów nasuwa się pytanie: które punkty rozpatrywanych warstw można uznać za litostratygraficznie równoważne? Jeśli np. warstwa numer x z jednego profilu odpowiada warstwie numer y z drugiego, to czy za litostratygraficznie równoważne należy uznać dolne, czy górne ich granice, czy też jakiś inny punkt w ich obrębie? Jaki?

Z fig. 1 i 2 wynika, że podstawę niniejszych rozważań stanowi mo-

del, w którym pionowa zmienność osadów okruchowych przewarstwianych się z nieokruchowymi ma charakter oscylacyjny — stąd zygzakowata postać linii dzielącej te osady. Za punkty litostratygraficznie równoważne uznać można te miejsca profilu, które stanowią punkty zwrotne oscylacji wyrażonych wzmożonym napływem materiału okruchowego. W przypadku najprostszym, pokazanym na fig. 2, punkty te leżą na liniach stanowiących osie klinów klastycznych. Jak znaleźć punkty zwrotne w badanym profilu?

Szuka się w ich obrębie tych warstw, które odpowiadają największym wychyleniom krzywej litokorelacji (np. warstwy 2 i 5 korelodiagramu B z fig. 2). Przy wyznaczaniu punktów zwrotnych, w wytypowanych w ten sposób warstwach, należy kierować się następującymi zasadami:

1. Punkt zwrotny przyjmuje się w środku odcinka, w którym w danej warstwie występuje najgrubsza frakcja materiału okruchowego pod warunkiem, że powyżej i poniżej tego odcinka występuje taka sama frakcja mniejsza (np. w środku odcinka gruboziarnistego, jeśli w rozpatrywanej warstwie piaskowca zarówno poniżej jak i powyżej tegoż odcinka występuje materiał średnioziarnisty).

2. Jeśli wspomniany warunek nie jest spełniony — punkt zwrotny wyznacza się w spągu lub w stropie odcinka, w którym występuje najgrubsza frakcja, w zależności od tego, gdzie obserwuje się gwałtowniejszy „skok” wielkości ziarna (np. w spągu odcinka gruboziarnistego, jeśli poniżej tego odcinka występuje piaskowiec drobnoziarnisty, a powyżej — średnioziarnisty).

Oba przypadki ilustruje fig. 3. Pierwszy z nich odpowiada sytuacji, gdy klin klastyczny jest kompletny (fig 3A). Klin tego rodzaju powstaje w wyniku „normalnej”, stosunkowo powolnej oscylacji w dostawie materiału okruchowego. W przypadku drugim klin klastyczny jest niekompletny od dołu, co wskazuje na gwałtowny, często poprzedzony erozją, napływ materiału okruchowego do zbiornika. Klin niekompletny od góry świadczy o szybkim zmniejszeniu podaży materiału okruchowego lub erozyjnym

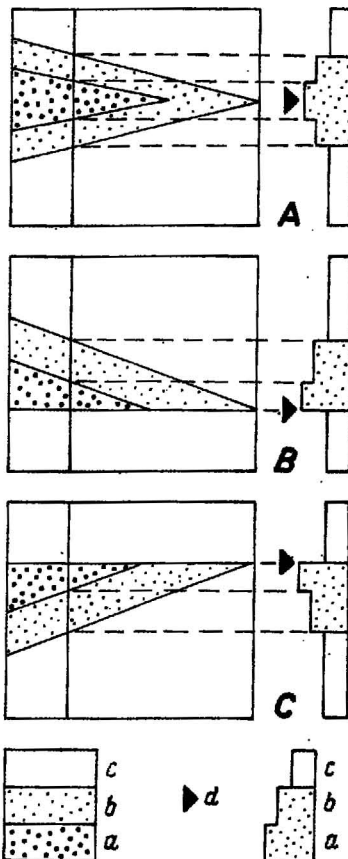


Fig. 3. Wyznaczanie punktów zwrotnych

Position of reversion points

Na lewo — przekroje geologiczne; z prawej — profile litologiczne; A — kompletny klin klastyczny; B — klin niekompletny od dołu; C — Klin niekompletny od góry; a — piaskowce gruboziarniste; b — piaskowce drobnoziarniste; c — ilowce; d — punkty zwrotne

On the left — geological sections, on the right — lithological profiles; A — clastic wedge, complete; B — wedge, incomplete at the bottom; C — wedge, incomplete at the top; a — coarse-grained sandstones; b — fine-grained sandstones; c — claystones; d — reversion points

zdarciu górnej części klina. Wracając do pytania postawionego na początku tego rozdziału, należy odpowiedzieć na nie następująco: jeśli warstwie numer x z jednego profilu odpowiada warstwa numer y z drugiego, to litostratygraficznie równoważne są punkty zwrotne wyznaczone w tych warstwach. I właśnie te punkty należy łączyć liniami pokazującymi korelacyjne powiązania badanych profilów.

Aby uniknąć zamieszania, punkty zwrotne numeruje się. Każdy punkt zwrotny otrzymuje numer taki, jakim oznaczono wychylenie na krzywej litokorelacji odpowiadające warstwie, w której punkt ten wyznaczono.

Odcinki profilu zawarte pomiędzy sąsiednimi punktami zwrotnymi reprezentują kolejne epizody sedymentacji. Epizodom tym, dla uporządkowania rozważań dotyczących przebiegu sedymentacji, także nadaje się numery. Numer każdego epizodu jest taki sam jak numer punktu zwrotnego stanowiącego jego początek. (Tzn., że osady występujące w danym profilu powyżej punktu zwrotnego $+1$, a poniżej $+2$, należą do epizodu $+1$).

Pozornie drugorzędna sprawa numeracji różnych elementów litokorelacji zasługuje na uwagę. Konsekwentne stosowanie się do podanych wyżej wskazówek znacznie ułatwia przeprowadzenie właściwej litokorelacji oraz interpretację jej wyników. Należy zwłaszcza pamiętać o prostej zasadzie nadawania tego samego numeru:

- rozpatrywanemu wyraźnemu wychyleniu krzywej litokorelacji;
- punktowi zwrotnemu ustalonym w obrębie warstwy, która temu wychyleniu odpowiada;
- epizodowi sedymentacji rozpoczętemu w tym punkcie.

PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA

Miąższościowo-procentową metodę litokorelacji zastosowano badając morskie osady najniższego kambru (piętro klimontowskie + dolna część poziomu holmiowego, por. K. Lenzion, 1972) wzdłuż przekroju przechodzącego przez otwory wiertnicze Okuniew, Wrotnów i Mielnik. Przekrój ten obejmuje osiową i północną część obniżenia podlaskiego (fig. 4). W zbadanych profilach zaznacza się przewaga osadów piaszczystych. Z tego względu zaszła konieczność rozszczepienia korelodiagramów zestawionych dla profilów Okuniewa i Mielnika. Postać korelodiagramu przed rozszczepieniem i po rozszczepieniu zilustrowano na przykładzie profilu Mielnika (fig. 5).

Korelodiagramy wszystkich wspomnianych wyżej profilów (fig. 6) odznaczają się bardzo podobnym kształtem krzywej litokorelacji. Godny uwagi jest fakt, że wiercenia Okuniew i Mielnik są od siebie oddalone o ok. 125 km. Szczególnie wyraźne wychylenie krzywej oznaczono numerem 0. Punkty zwrotne ustalone w poszczególnych profilach w warstwie odpowiadającej wychyleniu 0 pokazuje fig. 7.

W profilu Okuniewa warstwa piaskowca odpowiadająca temu wychyleniu występuje na głębokości $4155,0 \div 4195,0$ m. Najdłuższy odcinek o największej wielkości ziarna (jest to piaskowiec gruboziarnisty)

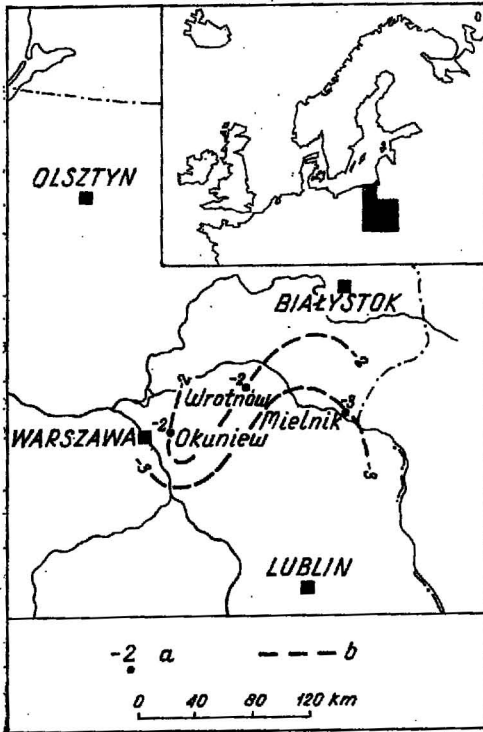


Fig. 4. Szkic lokalizacyjny zbadanych profilów

Location sketch of the sections examined

a — otwory wiertnicze oraz numery epizodów sedimentacyjnych, w których rozpoczęła się transgresja morza; b — izolinie „czasu” transgresji

a — boreholes and numbers of sedimentary episodes during which the marine transgression commenced; b — isolines of the transgression „time”

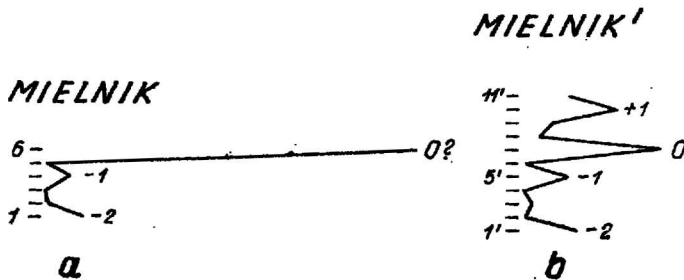


Fig. 5. Korelodiagram najniższego kambru z otworu wiertniczego Mielnik

Correlation diagram of the lowest Cambrian from the Mielnik borehole

a — nierozszczęplony; b — rozszczęplony
a — non-splitted; b — splitted

występuje w tej warstwie na głębokości 4171,5 ÷ 4181,5 m. Ponieważ bezpośrednio poniżej i powyżej występuje osad drobniejszy o takim samym ziarnie (piaskowiec średnioziarnisty), punkt zwrotny ustalono w środku odcinka o najgrubszym ziarnie, tzn. na głębokości 4176,5 m. Podobnie jest w profilu Mielnika. Warstwa odpowiadająca wychyle-

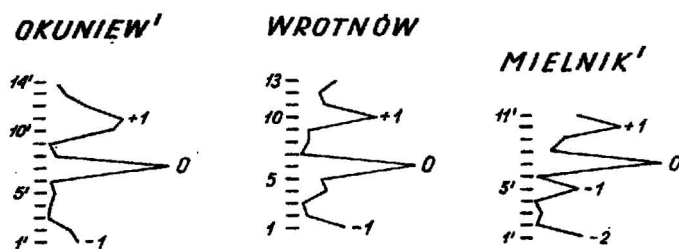


Fig. 6. Korelodiagramy osadów najniższego kambru w badanych profilach

Correlation diagram of the lowest Cambrian sediments in the profiles examined

niu 0 występuje na głębokości 1471,0 ÷ 1498,0 m (przy rozszczepianiu korelodiagramu nie uwzględniono w obliczeniach piaskowców drobnoziarnistych). Odcinek o najgrubszym ziarnie (tu także piaskowiec gruboziarnisty) występuje na głębokości 1492,5 ÷ 1496,5 m. Punkt zwrotny znajduje się w jego środku, tzn. na głębokości 1494,5 m.

W profilu Wrotnowa warstwa odpowiadająca wychyleniu 0 znajduje się na głębokości 1960,5 ÷ 1989,0 m. W jej stropowej partii na głębokości 1961,5 ÷ 1962,5 m występuje materiał gruboziarnisty, poniżej którego obserwuje się materiał średnioziarnisty, a powyżej — drobnoziarnisty. Jest to więc przypadek gwałtowniejszej zmiany frakcji osadu powyżej odcinka o największym ziarnie. Z tego względu punkt zwrotny określono w jego stropie, tzn. na głębokości 1961,5 m.

Porównując wyniki litokorelacji z danymi biostratygraficznymi (K. Lenzion — informacje ustne) stwierdza się, że punkt zwrotny 0 w profilach Okuniewa i Wrotnowa występuje w obrębie piętra klimontowskiego, natomiast w profilu Mielnika pojawia się w poziomie holmiovym. Oznacza to, że w miarę oddalania się od okolic Warszawy na wschód, klin klastyczny odpowiadający wychyleniu 0 krzywej litokorelacji przesuwa się ze starszej do młodszej jednostki stratygraficznej. Z faktu tego zdaje się wynikać, że dolnokambryjska transgresja morza posuwała się w ogólnym kierunku W—E (lub SW—NE). Wniosek ten pozostaje w zgodzie z dotychczasowymi poglądami dotyczącymi przebiegu linii brzegowej zbiornika (por. N. S. Igołkina in: A. P. Winogradow, 1968). Materiał piaszczysty napływał z obszarów lądowych znajdujących się na N (lub NE) od obszaru badań, a następnie — zgodnie z istniejącym wówczas układem prądów — wędrował bądź od, bądź do brzegu. Ta ostatnia możliwość wynika z interpretacji, w myśl której klin klastyczny odpowiadający wychyleniu 0 reprezentuje jedną z dolnokambryjskich barier piaszczystych, które w miarę rozwoju transgresji przesuwały się w kierunku W—E (lub SW—NE).

Korelodiagramy omawianych profili pozwalają również na wprowadzenie innego, ciekawego wniosku. Można przy ich pomocy określić „czas” transgresji przez ustalenie numeru epizodu sedymentacyjnego, w którym rozpoczęła się sedymentacja morska w poszczególnych profilach (fig. 4). W profilach Okuniewa i Wrotnowa najstarszym epizodem

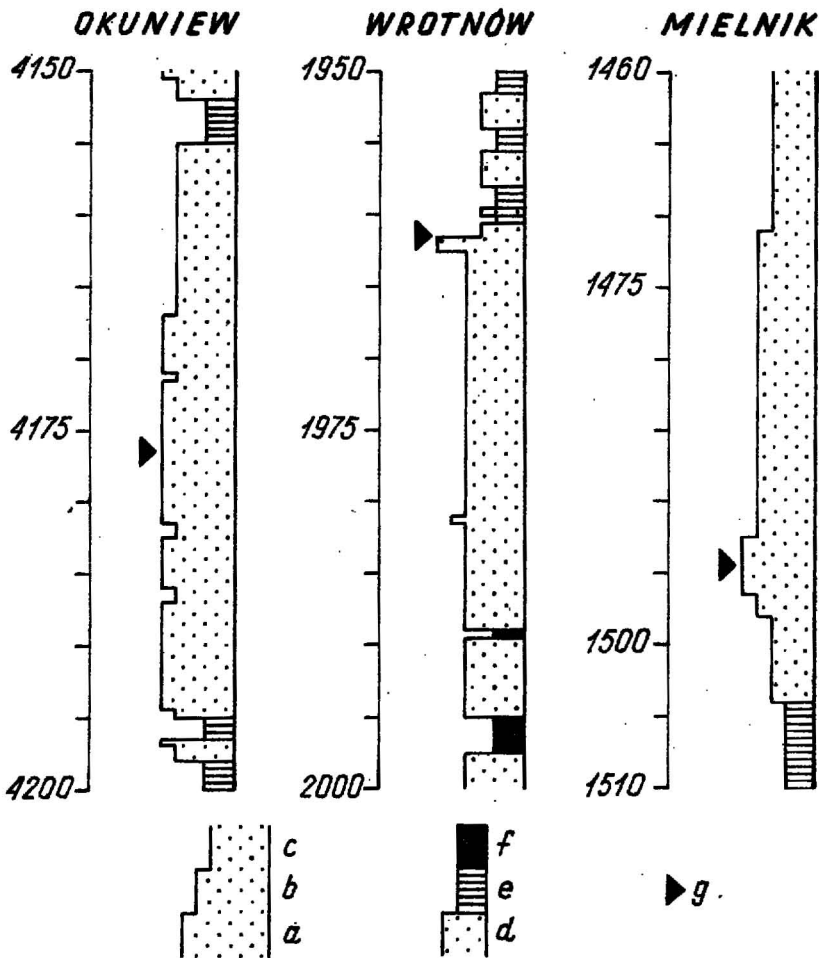


Fig. 7. Fragmenty zbadanych profili z zaznaczonym punktem zwrotnym 0

Fragments of the sections examined, 0 reversion point marked

a — piaskowiec bardzo gruboziarnisty; b — piaskowiec gruboziarnisty; c — piaskowiec średnioziarnisty; d — piaskowiec drobnoziarnisty; e — przekładaniec piaszczysto-łlasty; f — łłowiec; g — punkt zwrotny 0
 a — very coarse-grained sandstone; b — coarse-grained sandstone; c — medium-grained sandstone; d — fine-grained sandstone; e — interlayered sand/clay material; f — claystone; g — reversion point 0

jest epizod -2 (osady występujące poniżej punktu zwrotnego -1), a w profilu Mielnika epizod -3 (osady poniżej punktu zwrotnego -2). Można więc mniemać, że transgresja morza dotarła do Mielnika „wcześniej” niż w dwóch pozostałych profilach. Pojęcia: „czas” transgresji oraz „wcześniej” ujęto w cudzysłów, gdyż dotyczą one rozważań litostratygraficznych. Z tego też powodu trudno przesądzić czy rzeczywiście (tj. chronostratygraficznie) w profilu Mielnika sedimentacja morskich osadów najniższego kambru zaczęła się najwcześniej. Wszelkie „czasowe”

wnioski oparte na litokorelacji należy zawsze traktować dość sceptycznie.

Jeśli jednak istotnie transgresja morza dotarła wcześniej do Mielnika niż do Okuniewa i Wrotnowa, to fakt ten można traktować jako odbicie zróżnicowanych ruchów pionowych w obrębie podłoża krystalicznego. Już w czasie powstawania wendyjskich bazaltów podlaski kompleks¹ podłoża krystalicznego ulegał szybszemu obniżaniu niż mniej wówczas ruchliwy kompleks mazowiecki (W. Ryka, 1970). Z analizy „czasu” transgresji zdaje się wynikać, że podobnie było podczas dolnokambryjskiej transgresji obejmującej NE Polskę. Właśnie dlatego w Mielniku, położonym w obszarze kompleksu podlaskiego, zalew morza mógł nastąpić wcześniej niż w Okuniewie i Wrotnowie z obszaru kompleksu kampinoskiego. Ten ostatni leży w strefie granicznej kompleksu mazowieckiego (W. Ryka, 1973), który na przełomie prekambriu i kambriu obniżany był wolniej od podlaskiego.

Należy jednak pamiętać, że miąższościowo-procentowa metoda litokorelacji jest tylko pomocniczym, a nie rozstrzygającym narzędziem badawczym. Z tego powodu podane wyżej wnioski dotyczące kierunku dolnokambryjskiej transgresji oraz ruchliwości podłoża krystalicznego wymagają potwierdzenia w toku przyszłych badań, obejmujących większy obszar i przeprowadzanych przy użyciu także innych metod.

Zakład Petrografii, Mineralogii i Geochemii
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 4 kwietnia 1975 r.

PIŚMIENNICTWO

- DE GEER G. (1940) — Geochronologia Suecica principles. Kungl. Svenska. Vetenskapsakademiens Handl., 18, p. 1—360, nr 6. Stockholm.
- FOLK R. L. (1962) — Spectral subdivision of limestone types. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem., 1, p. 62—84. Tulsa.
- KUBICKI S., RYKA W., ZNOSKO J. (1972) — Tektonika podłoża krystalicznego prekambryjskiej platformy w Polsce. Kwart. geol., 16, p. 523—542, nr 3. Warszawa.
- LENDZION K. (1972) — Kambry subholmiowy w północno-wschodniej Polsce. Kwart. geol., 16, p. 557—568, nr 3. Warszawa.
- MAMET B. (1972) — Quelques aspects de l'analyse sequentielle. Mem. B.R.G.M., 77, p. 663—677. Paris.
- RYKA W. (1970) — Development of the crystalline basement of North-Eastern Poland. Zakł. Geof. PAN, Materiały i Prace, 34, p. 97—106. Warszawa.
- RYKA W. (1973) — Struktury metamorficzne. Skały platformy prekambryjskiej w Polsce. Część 1: Podłoże krystaliczne. Pr. Inst. Geol., 68, p. 19—59. Warszawa.

¹ Kompleksy podłoża krystalicznego wspomniane w niniejszym artykule zalicza się do następujących epok tektonicznych: kompleks mazowiecki — epoka presvekofeno-karelska; kompleks podlaski — epoka svekofeno-karelska; kompleks kampinoski — epoka gotyjska (S. Kubicki, W. Ryka, J. Znosko, 1973).

ВАССОЕВИЧ Н. Б. (1948) — Флиш и методика его изучения. Гостоптехиздат. Ленинград — Москва.

ВИНОГРАДОВ А. П. (1968) — Атлас литолого-палеогеографических карт СССР. Том 1: Докембрий, кембрийский, ордовикский и силурийский периоды. Всесоюз. Аэрогеол. трест Мин. Геол. СССР. Москва.

Кшиштоф ЯВОРОВСКИ

МОЩНОСТНО-ПРОЦЕНТНЫЙ МЕТОД ЛИТОКОРРЕЛЯЦИИ

Резюме

Предлагаемый метод дает самые лучшие результаты, если предметом изучения являются переслаивающиеся обломочные и необломочные отложения. Сущность метода показана на фиг. 2. Коррелируя песчано-глинистые отложения различных разрезов следует: 1 — суммировать мощность всех песчаных пластов данного разреза, принимая ее за 100%; 2 — высчитать, какой процент от полной мощности песчаников приходится на отдельные их пласты; 3 — составить корреляционную диаграмму, на которой по вертикали на равных расстояниях откладываются поочередно номера песчаных пластов, а на горизонтальной оси — соответствующие им величины процентов; соединяя выделенные по этим координатам пункты, получают кривую литокорреляции. Сравнивая между собой четкие изгибы кривых литокорреляции, составленных для различных разрезов, производится корреляция песчаных пластов.

Если пласту номер x одного разреза, соответствует пласт номер y другого, то литостратиграфически эквивалентными являются поворотные точки, выделенные в пределах этих пластов. Поворотные точки выделяются следующим образом: 1 — в середине интервала, в котором в данном пласте залегает материал с самыми крупными зернами, при условии, что под этим интервалом и над ним залегает такой же материал с меньшими зернами (например в середине крупнозернистого интервала, если непосредственно под ним и над ним залегает мелкозернистый материал); 2 — если это условие не выполнено в кровле или подошве интервала с самыми крупными зернами в зависимости от того, где наблюдается более резкое изменение величины зерен (например в подошве крупнозернистого интервала, если ниже него залегает мелкозернистый материал, а выше — среднезернистый). Отложения, залегающие между соседними поворотными точками, соответствуют очередным периодам (эпизодам) седиментации.

Если в изучаемом разрезе залегают почти исключительно песчаники, корреллограмма (корреляционная диаграмма) состоит из небольшого числа точек (фиг. 2А). Необходимо расщепление диаграммы. Оно состоит в учете только песчаных пластов с большими зернами, например крупнозернистых. Полная мощность всех песчаных крупнозернистых пластов принимается равной 100%. После расчета, какой процент от полной мощности крупнозернистых песчаников составляют мощности их отдельных пластов, составляется расщепленная корреляционная диаграмма (фиг. 2А).

Рассмотренный метод был применен при изучении самых низов кембрия к востоку от Варшавы (разрезы: Окунев, Вротнув и Мельник). Согласно выполненной литокорреляции, определено направление и относительное (литостратиграфическое) „время” морской трансгрессии в этих разрезах.

Krzysztof JAWOROWSKI

THICKNESS-PERCENT METHOD OF LITHOCORRELATION

Summary

The method suggested yields best results when alternating clastic and non-clastic sediments are examined. The principle of the method is shown in Fig. 2. When correlating sandy-clayey sediments from various sections it is necessary: 1 — to sum up the thickness of all sandstones beds assuming the sum as 100 per cent; 2 — to calculate the percentage of each bed in relation to the total thickness of the sandstones; 3 — to construct a correlation diagram in which consecutive numbers of sandstone beds are plotted at equal intervals as the ordinate while the corresponding thickness percentages as the abscissa; through the points defined by such coordinates the lithocorrelation curve is drawn. Sandstone beds can be correlated when clearly expressed peaks of the lithocorrelation curves drawn for various sections are compared.

If the bed no x in one section is equivalent to bed no y in another section the reversion points within these beds are regarded as lithostratigraphically identical. The reversion points are set: 1 — in the middle of the interval in which the bed contains the coarsest grain, provided that the same kind of material but of finer grained occurs above and underneath this interval (e.g. in the middle of a coarse-grain interval over- and underlain by fine-grained material); 2 — if this requirement is not satisfied — at the top or at the bottom of the coarsest grain interval depending on where a more rapid change in grain size is found (e.g. at the bottom of a coarse-grained interval if fine-grained material occurs underneath but medium-grained above). The sediments bracketed by neighbouring reversion points represent consecutive sedimentary episodes.

When the section examined comprises almost no other sediments but sandstones the points on the correlation diagram will be scarce (Fig. 2A). In such case the correlation diagram should be split. The procedure consists in taking into account not all sandstone beds in the profile studied but only those with relatively coarser grains. The next step is to sum up the thickness of all and only the coarser-grained beds and take it as 100 percent... etc. (cf. correlation diagram A in Fig. 2 before and after (A') splitting).

The method presented has been applied to study the lowermost Cambrian from the boreholes east of Warsaw (Okuniew, Wrotnów, and Mielnik). The lithocorrelation procedure has yielded information on the direction and the relative (lithostratigraphic) "age" of the marine transgression recorded in the profiles examined.