

PROBLEMATYKA BADAŃ LITOLOGICZNYCH NAD OSADAMI CZWARTORZĘDU

UKD 561.79:561.31:552.14:550.824:550.85

Ustalenie stratygrafii utworów czwartorzędowych napotyka często na poważne trudności. Mają one swe źródło w braku lub ubóstwie szczątków organicznych, warunkujących zastosowanie klasycznych metod stratygraficznych (paleontologicznych). Określenie wieku bezwzględnych osadów czwartorzędowych jest również zdeterminowane znaleziskami fauny lub flory kopalnej.

Już w pierwszych pracach poświęconych osadom czwartorzędowym czynione są próby zastosowania badań litologicznych, sedimentologicznych, czy petrograficzno-granulometrycznych do ustalenia ich stratygrafii. Początkowo były to przeważnie poszukiwania „skał przewodnich”, czy różnych wskaźników glazowych, mających udokumentować pochodzenie, a nawet wiek względny utworów morenowych (13, 15, 17, 18).

Stopniowo badania obejmują również inne facje utworów czwartorzędowych; rozszerza się zakres stosowanych metod. Wzrastające zainteresowanie utworami czwartorzędowymi — zwłaszcza w krajach Europy i Ameryki Płn. — doprowadza do powstania specjalnej organizacji międzynarodowej dla badań czwartorzędu (INQUA). Zainteresowanie to ma swoje głębokie uzasadnienie praktyczne: osady czwartorzędowe pokrywają większą część powierzchni krajów europejskich (szczególnie Polski, Niemiec, Belgii, Holandii, ZSRR, krajów skandynawskich). Dokładne ich rozpoznanie warunkuje prawidłowe prowadzenie robót budowlanych, poszukiwanie źródeł zaopatrzenia w wodę, surowców budowlanych itp.

Instytut Geologiczny dysponujący bogatym materiałem wiertniczym z Niżu Polskiego, obejmującym niższe profile czwartorzędu, odczuwał potrzebę rozpoczęcia systematycznych badań sedimentologicznych i granulometryczno-petrograficznych. Wyrazem uznania tej potrzeby było utworzenie Pracowni Badań Czwartorzędu przy Zakładzie Zdjęć Geologicznych Niżu i Badań Czwartorzędu. Naczelnym zadaniem tej placówki badawczej jest prowadzenie systematycznych badań nad litologią utworów czwartorzędowych niżu. Badania mają na celu genetyczno-facjalną charakterystykę i klasyfikację tych utworów. Szczegółowa charakterystyka litologiczna formacji czwartorzędowej może dopiero dostarczyć argumentów do wydzielenia poziomów o znaczeniu stratygraficznym.

Znane są już liczne prace poświęcone tego rodzaju badaniom w odniesieniu do starszych formacji (głównie: karbonu, jury i trzeciorzędu). Wydzielanie poziomów stratygraficznych na podstawie cech litologicznych jest właśnie stosowane przede wszystkim

w seriach osadów pozbawionych kopalnej flory albo fauny.

W przypadku formacji czwartorzędowej dodatkową trudność sprawia niesłychana różnorodność facjalna, genetyczna i litologiczna osadów. Dla uchwycenia prawidłowości i właściwej charakterystyki tych osadów, badania muszą być prowadzone masowo i kompleksowo, tzn. powinno się analizować jak największą liczbę próbek, uwzględniając sumę cech litologicznych. Ze względów praktycznych trudno tu mówić o uwzględnieniu wszystkich cech. Czasami uniemożliwia to wyposażenie laboratoriów lub sposób prowadzenia prac terenowych (np. przy wierceniach nie zawsze można prowadzić obserwacje nad strukturą, czy teksturą osadów luźnych). Niemniej można określić te własności, które powinny być charakteryzowane przy badaniach litologicznych w laboratorium. Zaliczyć tu trzeba: 1) stopień obróbki mechanicznej i chemicznej żwirów i otoczków, 2) skład petrograficzny żwirów i otoczków, 3) skład mineralny frakcji lekkiej i ciężkiej w piaskach oraz pyłach, 4) stopień obróbki ziarn skalnych psamitów, 5) uziarnienie osadów, 6) skład minerałów ilastych, 7) stopień zwietrzania osadów.

Wymienione cechy (badania) dostarczają największej danych odnośnie do genezy i charakteru facjalnego utworów czwartorzędowych. Rozpatrywanie jednak niektórych z tych cech, w oderwaniu od reszty, może doprowadzić do nie zawsze poprawnych konkluzji i wniosków.

Innym utrudnieniem w badaniach nad litologią osadów czwartorzędowych jest różnorodność stosowanych tu metod; przy czym wiele wyników staje się z tego względu zupełnie nieporównywalnych. Można tu żywić nadzieje, że działalność Komisji Litologii i Genezy Osadów Czwartorzędowych INQUA, kierowanej przez prof. dr B. Krygowskiego, przyczyni się do dalszego postępu w ujednoczeniu metod jak również do osiągnięcia nowych, ważnych wyników w klasyfikacji.

Badania żwirów i otoczków są szczególnie ważne dla glin morenowych, osadów fluwioglacjalnych i fluwialnych. Najbardziej rozpowszechnione jest określenie składu petrograficznego frakcji żwirowo-glazowej. Badania takie mają bardzo długą historię, zwłaszcza w odniesieniu do materiału morenowego (13, 18). Po wielu poszukiwaniach metodycznych określono dość zgodnie, że dla charakterystyki petrograficznej glin morenowych wystarczające jest zbadanie składu frakcji żwirowej bez potrzeby badań otoczków i glazów. Różne są tylko poglądy co do wyboru „reprezentatywnej” frakcji żwirowej. Aktualnie moż-

na wyodrębnić dwa zasadnicze poglądy. Według pierwszego z nich najbardziej reprezentatywna jest frakcja 2—6 mm (12), drugi zaś uważa za taką: frakcję 4—10 mm lub 5—10 mm (11, 18).

Stosunkowo nieliczne są przypadki stosowania frakcji 2—3 mm (B. Krygowski — 12) lub > 10 mm (A. Jaroszewicz-Kłyszynska — 18). Najbardziej przekonujące argumenty posiada K. K. Orwiku, opierający swe wnioski na przeszło 20-letnich badaniach glin zwałowych Estonii. J. Trembaczowski uzasadnia natomiast swe wnioski przeprowadzeniem kilku tysięcy oznaczeń. Również wstępne prace prowadzone w Instytucie Geologicznym przez A. J. Nowickiego (10) i Z. Sarnacką (16) oraz Pracownię Badań Czwartorzędu nad petrograficznym składem żwirów potwierdzają reprezentatywność frakcji 4—10 mm.

Skład petrograficzny frakcji żwirowej jest podstawą do wyliczenia różnych wskaźników, z których najczęściej zestawia się: O/K (skały osadowe/krystaliczne); K/W (skały krystaliczne/wapnienie); w tym ostatnim podaje się osobno stosunek skał krystalicznych do wapieni paleozoicznych oraz stosunek skał krystalicznych do wapieni ogółem. Ostatnio wprowadzono wskaźnik A/B, gdzie: A — skały mało odporne, B — skały odporne (10, 18). Jednak zaliczenie niektórych skał do grupy A lub B jest bardzo problematyczne. Wartości wymienionych wskaźników są różne dla glin morenowych różnego wieku (10, 12, 14, 18) i po przeanalizowaniu większej ilości próbek mogą służyć do ustalenia poziomów stratygraficznych w osadach tego typu.

Skład petrograficzny żwirów może również stanowić kryterium przy wydzieleniu różnowiekowych serii osadów dolinnych. Wskazują na to m. in. prace wykonywane w Instytucie Geologicznym, i tak: J. E. Mojski wyodrębnił na tej podstawie kilka serii w dolinie Wieprza, w tym poziom osadów preglacjalnych. Podobne wyniki uzyskali wcześniej: J. Lewiński, A. Jahn i M. Turnau-Morawska w odniesieniu do innych utworów Wyżyny Lubelskiej (14). Z. Sarnacka wydzieliła na tej samej zasadzie 7 poziomów stratygraficznych w osadach doliny Wisły powyżej Warszawy (16).

Stopień obróbki mechanicznej żwirów wyraża się najczęściej za pomocą współczynnika spłaszczenia $\frac{L+1}{2E}$ i współczynnika zaokrąglenia $\frac{2r_1}{L}$, rozporozeczonych dzięki A. Cailleux (1, 14, 19). W. Bobrowski stosuje do tego celu wzór podany przez H. Wade'a (3, 21). Zingg i Dal Vesco określają natomiast kształt żwirów, zestawiając proporcje między wartością długości, szerokości i grubości okruchów:

A. Cailleux, J. Tricart, K. Richter, J. Hövertmann, H. Poser i wielu innych badaczy udowodnili, że stopień obtoczenia i spłaszczenia żwirów oraz ich kształt jest nie tylko funkcją odporności skały na niszczenie jej struktury i tekstury, czy długości transportu, lecz bardziej zależy od warunków hydrodynamicznych transportu, co z kolei wiąże się ściśle z reżimem klimatycznym środowiska. Tak więc wartości współczynnika zaokrąglenia lub spłaszczenia żwirów pozwalają na rekonstrukcję paleogeograficzną (warunki transportu i charakter środowiska sedymentacji). Odnosi się to szczególnie do żwirów rzecznych, fluwioglacjalnych, morskich i jeziornych (1, 14, 18, 19, 21). Żwirzy glin morenowych zachowują z reguły cechy poprzednich środowisk; spotykane często wysokie wartości współczynnika zaokrąglenia wskazują na wtórną obróbkę żwirów w środowisku wodnym (np. fluwioglacjalnym). Działalność mrozu i rozkruszanie glacialne powodują powstawanie ostrokrawędzistych, kanciastych okruchów (1, 12).

Przy interpretowaniu genezy zaokrąglenia żwirów transportowanych w środowisku wodnym, zbyt mało uwagi poświęca się działaniu obróbki chemicznej. Wynika to zresztą ze słabej znajomości chemizmu wód — zwłaszcza w strefie umiarkowanej (7, 10). Znane są bardzo nieliczne prace poświęcone obróbce

chemicznej żwirów kwarcowych lub kwarcytowych z obszarów międzyzworotnikowych (1, 6, 19). Okazuje się, że żwirzy te ulegają szybkiej desylikacji (rozpuszczenie kryształów kwarcu daje powierzchnię porowatą, chropowatą).

Ważną rzeczą jest objętość (wielkość) próbki podanej pomiarom morfometrycznym. A. Cailleux i J. Tricart (1, 19) zalecają pomiary 150—200 żwirów o długości 4—6 cm; chociaż bada się często również frakcje 1—4 cm lub > 6 cm. Zaznacza się tendencja do analizowania większych okruchów skalnych, gdyż można tu dokładniej zmierzyć promień (r) koła wpisanego w naroże żwiru.

W badaniach terenowych często stosuje się pomiary azymutów osi dłuższych żwirów i otoczków oraz ich nachylenia. Wiadomo bowiem, że np. w morenie żwirzy układają się niemal równolegle do kierunku ruchu lodolodu, natomiast w osadach rzecznych oś dłuższa ułożona jest zwykle poprzecznie do kierunku ruchu wody (notuje się odchylenia około 30° od kierunku prostopadłego) (1, 19).

We frakcjach 2—0,05 mm głównym składnikiem mineralnym jest kwarc; przy czym jego zawartość wzrasta wraz ze zmniejszaniem się wielkości ziarn. Obok kwarcu najczęściej występują skaleni i węglany. Udział procentowy tych minerałów wiąże się z rodzajem osadu (np. w utworach glacialnych zawartość skaleni może wynosić kilka lub kilkanaście procent); jak również ze stopniem zwietrzenia (w osadach zwietrzałych wzrasta ilość ziarn kwarcu — odpornych na wietrzenie). Obok kwarcu, skaleni i węglanów wydziela się zwykle grupę minerałów ciemnych (tlenki i wodorotlenki oraz siarczki żelaza, niektóre minerały ciężkie). Te cztery grupy dość dobrze charakteryzują skład mineralny psamitów (4, 12, 14, 17, 18).

Określenie zespołu minerałów ciężkich pozwala wyróżnić pewne poziomy przewodne w seriach osadowych oraz pochodzenie materiału okruchowego (4, 12, 17, 20). Czynnione są próby określania wieku (stratygrafii) utworów czwartorzędowych przy użyciu współczynnika zwietrzenia opartego na proporcji minerałów ciężkich mało odpornych i odpornych (4). Dyskusyjne jest tu zaliczanie niektórych minerałów (np. granatu) do tej, czy innej grupy odporności (20). Stosując jednak stale tę samą skalę odporności można uzyskać wartości współczynnika zwietrzenia wyraźnie różne dla osadów różnowiekowych, a nawet różnych facjalnie (4).

Stwierdzono ponadto, że zawartość minerałów ciężkich jest cechą charakterystyczną niektórych utworów czwartorzędowych (12). I tak np. w glinach zwałowych ilość minerałów ciężkich przekracza zawsze 2—3%, gdy w osadach rzecznych jest o wiele niższa (< 1%).

Wśród metod wydzielenia minerałów frakcji lekkiej dominują wizualne przeliczenia pod lupą binokularną. Często jednak odróżnianie bezbarwnych skaleni od kwarcu (w preparatach luźnych) następuje dużo trudności. Stąd więc próbuje się stosować nowe metody pozwalające na dokładne oddzielenie tych dwu minerałów. Najszybsza jest metoda: elektrostatyczna i barwnikowa. Ta pierwsza wykorzystuje różnice potencjału elektrostatycznego ziarn kwarcu i skaleni, druga zaś zdolność skaleni do reagowania z niektórymi związkami chemicznymi, dającymi w efekcie barwną powłokę na powierzchni ziarn. Metoda barwienia jest łatwiej dostępna od strony materiałowej (15).

Obróbka ziarn skalnych psamitów odzwierciedla również warunki transportu i charakter środowiska sedymentacji. Zwykle stopień obróbki mechanicznej bada się na ziarnach kwarcu. Z jednej strony jest to słuszne, ponieważ kwarc stanowi główne tworzywo mineralne frakcji piaszczystej, z drugiej jednak — ziarna kwarcu bardzo powoli podlegają obróbce, zwłaszcza w środowisku wodnym, stąd niebezpieczeństwo mylnej informacji odnośnie do warunków transportu na krótkim odcinku (1, 13, 14, 17, 19, 21).

Konieczne są tu badania obróbki minerałów mniej odpornych na niszczenie np. skałeni. Najszlachetniejsze jest jednak prowadzenie obserwacji stopnia obtoczenia tak frakcji żwirowej, jak i piaszczystej i łączne zestawienie otrzymanych wyników. Wtedy dopiero określenie warunków transportu i sedymentacji będzie dokładne.

Stopień obróbki mechanicznej bada się zwykle wizualnie, określając obtoczenie ziarn pod lupą binokularną (1) lub na obrazach fotograficznych (14); przy czym obliczenia na fotografiach są szybsze i mniej męczące, niż pod lupą. Ale i w jednym oraz w drugim przypadku wyniki są obciążone błędem wynikającym z subiektywnego określenia kształtu ziarn. Dla wyeliminowania tego błędu próbuje się stosować metody mechaniczne. B. Krygowski (5) użył do tego celu płytkę szklaną o zmiennym nachyleniu (ziarna obtoczone staczają się przy małym nachyleniu powierzchni, kanciaste przy większym). Metodę B. Krygowskiego zmodyfikował I. A. Preobrażenski (17)*.

Najdokładniejszą metodą badania stopnia obtoczenia ziarn skalnych opracował jednak A. Hörnsten (3). Mierzy on obtoczenie ziarn za pomocą płamki świetlnej o zmiennej średnicy rzutowanej na preparat. Następuje tu skrócone mierzenie promieni kół wpisanych lub opisanych na ziarnach. Metoda ta wyklucza subiektywizm obserwatora i jest jednocześnie bardzo szybka, gdyż zastosowano tu zautomatyzowaną aparaturę rejestracyjną.

Kształt ziarn kwarcu jest funkcją zarówno obróbki mechanicznej, jak i chemicznej (w środowisku wodnym). Dowodzą tego eksperymentalne badania Ph. H. Kuenena (6) oraz nieliczne jeszcze obserwacje terenowe (1, 19).

Obróbka mechaniczna i chemiczna wpływa nie tylko na kształt ziarn, ale i na charakter ich powierzchni. Cecha ta jest różna dla osadów różnych środowisk (1, 14, 21). Określano ją dotychczas tylko wizualnie, co dewaluowało niejednokrotnie wartość otrzymanych wyników. Szczególnie tu konieczne jest wprowadzenie metod instrumentacyjnych. Możliwe jest np. zastosowanie pomiarów ilości światła odbitego od powierzchni ziarn (metodyka opracowywana jest w Pracowni Badań Czwartorzędu IG).

Parametry uziarnienia osadów (średni rozmiar ziarn, kwartyle, współczynnik wysortowania) także wykazują różnicowanie związane z genezą osadów (F. J. Pettijohn, E. B. Ruchin, K. H. Sindowski — 1, 14, 17). Parametry te w zestawieniu ze wskaźnikami stopnia obtoczenia mogą służyć do graficznego określania genezy osadu (14).

Niewiele prac poświęcono badaniom minerałów ilastych w osadach czwartorzędowych. Dotychczasowe wyniki wskazują na podobny zespół minerałów ilastych we wszystkich rodzajach utworów. Stwierdza się jednak, że skład jakościowy i ilościowy minerałów ilastych w pokrywach wietrzeńowych zależy głównie od warunków klimatycznych towarzyszących wietrzeniu, a nie od litologii podłoża (I. I. Ginzburg, I. D. Siedleckij, A. E. Fersman, R. E. Grin — 7). Warto poczynić próby rekonstrukcji warunków paleoklimatycznych na podstawie badań minerałów ilastych. Podobne rekonstrukcje przeprowadzono dotychczas z reguły na podstawie analiz paleontologicznych; są one jednak czasami mało dokładne z powodu braku pewności, czy badane pyłki znajdują się na złożu pierwotnym. Dużym mankamentem analiz minerałów ilastych jest jednak konieczność stosowania drogiej i trudnodostępnej aparatury (mikroskopy elektronowe, aparaty rentgenograficzne, termiczne).

Wyniki nielicznych jeszcze prac wskazują, że również badania geotechniczne dostarczają wiele cen-

nego materiału dla litologicznej charakterystyki utworów czwartorzędowych (2, 8). Ponadto zespół cech geotechnicznych pozwala wydzielać pewne poziomy stratygraficzne; dowiodła tego A. Falkiewicz (2) w badaniach nad glinami zwałowymi środkowego Mazowsza.

W Zakładzie Zdjęć Geologicznych Niżu i Badań Czwartorzędu IG przeprowadzono już niektóre z wymienionych badań litologicznych. Wykonano kompleksowe opracowania reperowych przekrojów czwartorzędu w Sernikach nad Wieprzem, Podgłębokiem koło Włodawy i w Ferdynandowie nad Wieprzem.

Z dokonanego przeglądu wynika, że jednak dopiero systematyczne badania kompleksowe nad litologią osadów pozwolą na dokładną klasyfikację utworów czwartorzędowych. Wówczas będzie możliwe wykorzystanie cech litologicznych do korelacji stratygraficznych. Potrzeba prowadzenia omówionych badań jest obecnie uznawana we wszystkich krajach, szczególnie zaś znajdujących się w strefie zlodowacenia plejstoceńskiego. Dyskutowana jest tylko celowość stosowania niektórych metod.

Po przejrzaniu bogatej literatury można stwierdzić, że aktualne badania formacji czwartorzędowej wymagają wprowadzania w coraz szerszym zakresie metod instrumentacyjnych. I tu nasuwa się konieczność opracowywania nowych, dokładniejszych, a jednocześnie szybszych metod badawczych, metod zastępujących obserwacje i pomiary wizualno-manualne pomiarami i rejestracją instrumentalną.

LITERATURA

1. Cailleux A., Tricart J. — Initiation à l'études des sables et des galets. Paryż 1959.
2. Falkiewicz A. — Własności fizyczno-mechaniczne glin zwałowych środkowego Mazowsza. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW, t. 2, 1962.
3. Hörnsten A. — A method and a set of apparatus for mineralogic-granulometric analysis with a microscope. Bull. Geol. v. XXXVIII, Uppsala 1960.
4. Koptiew A. I. — Niektóre rezultaty sopotawienia mineralogicznego srostawa doczwrtwicznich i czwrtwicznich otłożenij Biełorussii. Izw. AN BSSR, ser. fiz.-tehn. nauk, nr 4, Mińsk 1960.
5. Krygowski B. — Bericht über eine neue Methode der Selektion der Sandkörner nach ihrem Rundungsgrade. Tow. Nauk. Warsz. Arch. Mineral., v. 13, 1937.
6. Kuenen Ph. H. — Experimental Abrasion of Pebbles. Leidse Geol. Mededelingen 20, Leiden 1955.
7. Łukaszew K. I. — Osnowy litologii i gleochemii kory wywietrwanija. Mińsk 1958.
8. Malinowski J. — Wyniki badań geotechnicznych lessu między Kazimierzem Dolnym a Nałęczowem. Kwart. geol. 1959, t. 3, z. 2.
9. Nowak J. — Stratygrafia czwartorzędu pn. części Kotliny Warszawskiej. Rękopis. IG, 1961.
10. Nowicki A. J. — Czwartorzęd okolic Sokółki. Biul. IG 187, Warszawa 1965.
11. Orwiku K. K. — Litologiczeskoje issledowanije morieny posledniego oledienienija Estonii koliczestwiennymi metodami. Trudy Inst. Geol. AN Est. SSR, III, 1958.
12. Racinowski R. — Charakterystyka petrograficzna glin zwałowych wschodniej Polski. Praca doktorska (rękopis). UMCS, Lublin 1963.
13. Racinowski R., Rzechowski J. — Próba wykorzystania stopnia obtoczenia ziarn skalnych dla genetycznej klasyfikacji osadów plejstoceńskich. Ann. UMCS, s. B, v. XIII, Lublin 1959.

* Po oddaniu do druku niniejszego artykułu ukazało się obszerne opracowanie metody B. Krygowskiego (Granitoformometrija mechaniczna — Poznań 1964 r.), zawierające dokładny opis specjalnej aparatury tzw. granitoformometrów.

14. Racinowski R., Rzechowski J. — Z badań nad granulometrią osadów plejstocenijskich okolic Chełma. Ann. UMCS, s. B, v. XIV, Lublin 1960.
15. Rzechowski J. — Metody barwienia skałeni. Prz. geol. 1966, nr 4.
16. Sarnacka Z. — Badania petrograficzne osadów plejstocenijskich w dolinie Wisły powyżej Warszawy. Rękopis IG 1961.
17. Strachow H. M. — Metody izuczenija osadocnych porod. Moskwa 1957.

SUMMARY

The author discusses the most important branches and methods of lithological analyses, and their significance in studies on Quaternary deposits. He stresses a necessity of using instrumental methods that allow to determine quickly and more precisely the lithological features of these deposits. The studies on the Quaternary deposits, says the author, should be conducted complexly, i. e. considering all the criteria mentioned above.

18. Trembaczewski J. — Przyczyunki do metodyki badań granulometryczno-petrograficznych utworów morenowych. Ann. U.M.C.S., s. B, vol. XVI, Lublin 1963.
19. Tricart J. — Zagadnienia geomorfologiczne. PWN, Warszawa 1960.
20. Turnau-Morawska M. — Znaczenie analizy minerałów ciężkich w rozwiązywaniu zagadnień geologicznych. Acta geol. pol. v. V, z. 3, 1955.
21. Wistelius A. B. — Morfometria obłocznych czastic. Trudy Lab. Aerometodow AN SSSR, 9, 1960.

РЕЗЮМЕ

Автор рассматривает главные направления и методы литологического исследования четвертичных отложений. Выдвигается необходимость применения инструментальных методов, позволяющих быстрее и более детально определять литологические свойства этих отложений. Четвертичные отложения должны исследоваться комплексно с учетом всех критериев.