

## ROLA MINERAŁÓW CIĘŻKICH W GEOLOGII I PALEOGEOGRAFII

UKD 549.903.12:55+551.8+551.79:553.3/9:549.12:620:187:550.93

Znaczenie analizy minerałów ciężkich w rozwiązywaniu zagadnień geologicznych przedstawiła w 1955 r. M. Turneau-Morawska (26). Autorka ta szczególnie podkreśla znaczenie badań minerałów ciężkich w stratygrafii, co niejednokrotnie umożliwia ustalenie wieku dla ławic skalnych, a nawet jednostek geologicznych.

W ciągu 14 lat, które minęły od opublikowania pracy M. Turneau-Morawskiej badania frakcji ciężkiej osadów były kontynuowane i pozwoliły wyjaśnić szereg faktów geologicznych. Dotyczy to np. wyników badań W. Pawlicy mezozoiku obrzeżenia Gór Świętokrzyskich (15), który zajmując się piaskowcami serii rudonośnej łiasu znalazł w nich następujące minerały ciężkie: cyrkon, rutyl, turmalin, tlenki żelaza, hipersten, augit, egiryn, amfibol zwyczajny i bazaltowy, glaukofan, zoizyt, epidot, ortyt, granat, tytanit, andaluzyt i fluoryt. Podany skład mineralny frakcji ciężkiej skłonił go do przypuszczenia, że materiał dostarczyły granaty i sjenity alkaliczne, ponadto gabra i noryty oraz łupki krystaliczne. Masywem alimentującym miał być masyw krystaliczny wotyńsko-ukraiński.

Do podobnych wniosków na temat pochodzenia frakcji ciężkiej osadów Gór Świętokrzyskich doszedł m.in. P. Radziszewski (19) i inni badacze. Niektórzy kwestionowali obecność minerałów wymienionych przez Pawlicę, ponieważ wielu z nich, np. amfiboli i epidotów nie napotkano w ciągu dziesiątków lat. Wydawało się też niemożliwe, aby tak nietrwałe minerały, jak amfibole i pirokseny mogły niezniszczone przebyć daleki transport z Ukrainy i Wołynia. Dopiero ostatnie badania skał mezozoicznych potwierdziły dane Pawlicy, a jednocześnie pozwoliły znaleźć skały macierzyste minerałów ciężkich.

Wyniki wniczeń oporowych wykazały obecność masywów krystalicznych znacznie bliżej, bo w wyniesieniu Sławatycz i w Karpatach. Skały krystaliczne są tu przykryte dopiero osadami jury (27, 2), a więc wczesniej zapewne były erodowane i denudowane. Pochodzenie materiału detrytycznego skał piśrego ptaskowca z wyniesienia Sławatycz sugerowali również H. Senkowiłozowa i A. Ślęczka (22), a że minerały ciężkie łiasu pochodzą zapewne tak z wyniesienia Sławatycz, jak i z pra-Karpat sugerowała A. Teofilak (24).

W ramach szczegółowych badań skał retyku i łiasu świętokrzyskiego znaleziono wiele minerałów ciężkich niewymienionych przez Pawlicę, jak np. dysten, staurolit, monacyt (26, 16), spinel zwyczajny, anatazy (24) oraz potwierdzono występowanie hornblendy zwyczajnej, hiperstenu, epidotów i tytanitu (23). Stosunkowo bliskie usytuowanie masywów alimentacyjnych tłumaczy więc obecność składników, uważanych za nietrwałe.

Zastosowanie analizy minerałów ciężkich do rozwiązań paleogeograficznych było często wykorzystywane. Przykładem mogą być tu prace F. Sindowskiego (23), który badając frakcję ciężką osadów w Niemczech wyróżnił rozmaite prowincje mineralne, alimentujące osady poszczególnych okresów geologicznych. Np. dla jury rysowały się one następująco: na NE prowincja Allenu, na SE wał Flechtingu, a na NW masyw Fryzjski. B. Schröder (21) badając skład frakcji ciężkiej skał doggeru w północnej Bawarii odtworzył szczegółowo obraz paleogeograficzny Niemiec w jurze środkowej. Studia te pozwoliły także na odtworzenie warunków klimatycznych.

Badania minerałów ciężkich skał dolnej jury Nizy Polskiego pozwoliły wyróżnić obszary macierzyste

stwierdzonych w nich zespołów mineralnych (24). Tak więc łias monokliny przedsudeckiej był alimentowany w znacznej mierze przez krystaliczne skały sudeckie, natomiast łias niecki śnieżnińskiej przez skały tarczy bałtyckiej. Materiał skalny łiasu Polski środkowej pochodzi jedynie z sedymentacji przedjurańskich skał osadowych.

Badania frakcji ciężkiej łiasu północno-wschodniej Polski pozwoliły stwierdzić zasięg dopływu materiału z tarczy bałtyckiej (zaznaczony obecnością granatów) oraz zasięg dopływu materiału z wyniesienia mazursko-suwalskiego (zaznaczony obecnością amfiboli i piroksenów, 23). Wśród minerałów ciężkich czerwonego spągowca E. Czajor (3) wskazała minerały pochodzące z określonych kompleksów metamorficznych opisanych z krystaliniku północno-wschodniej Polski przez W. Rykę (20). E. Czajor wskazała źródło pochodzenia zespołu hipersten-granat-pistacyt, a więc metamorficzne skały plagioklazowo-hyperstenowe serii białowieskiej i łukowskiej, m.in. czarnokitów.

Znaczny postęp notuje się w dziedzinie mineralogii niektórych minerałów ciężkich, np. cyrkonu. Dawniejsze badania wykazywały możliwość ogólnego wyznaczenia kompleksu krystalicznego na podstawie oznaczenia słońcacji kryształu, jego zabarwienia, morfologii i zawartości wrostków (11). Obecnie źródło pochodzenia badanego cyrkonu można dokładnie określić, stosując oznaczenia wieku bezwzględne izotopami (6) lub obserwując osobliwości wewnętrznej budowy kryształów w mikroskopie elektronowym (4). Znaczny postęp notuje się również w szczegółowych badaniach granatów skał osadowych i krystalicznych (1, 5, 8), co umożliwiło również dokładne wyznaczenie skał macierzystych (10).

Szczegółowe studia morfologii wybranych minerałów ciężkich (amfiboli, granatów, cyrkonów i turmalinów) dały interesujące wyniki w badaniach osadów czwartorzędowych. R. Racinowski i J. Rzechoński (17) stwierdzili, że w profilach czwartorzędowych Lubelszczyzny można rozpoznać gliny zwalowe na podstawie otoczenia ziarn mineralnych, gdy tymczasem w dotychczasowych rozważaniach stratygrafii czwartorzędu brano pod uwagę jedynie skład mineralny frakcji ciężkiej. Okazało się także, iż typy pleochroiczne turmalinów wykazują wyraźne zróżnicowanie regionalne, a w obrębie jednego regionu również stratygraficzne. Studia frakcji ciężkiej profilu lessu w Nielewju pozwoliły również R. Racinowskiemu (18) odtworzyć lokalne warunki akumulacji badanego lessu w porównaniu z innymi profilami Wyżyny Lubelskiej oraz prześledzić zależność między składem mineralnym frakcji a procesami glebowymi.

Szczególnie dokładne wyniki w poszukiwaniu źródła alimentacji można osiągnąć, badając minerały należące do rzadkości, np. dokładne określenie cech optycznych brukuitu wystarcza do stwierdzenia skąd dane ziarno pochodzi, ponieważ brukuity rozmaitych kompleksów krystalicznych różnią się między sobą. Niekiedy można to również osiągnąć badając zbliżony dysten, ponieważ w przeciwieństwie do minerałów bliźniaczących się łatwo, jak np. skafenie, rutyl, czy staurolit bliźniaki dystenu trafiają się stosunkowo rzadko.

Obecnie podkreśla się także znaczenie minerałów ciężkich jako wskaźnika transportu i akumulacji. Przykładem są tu prace B. Nowalka (14), który badał frakcję ciężką litoralnych osadów współczesnych Bałtyku. Stwierdził on, że obecność określonych minerałów ciężkich w osadzie zależy nie tylko od ich

dopływu ze skały macierzystej i od ciężaru właściwego, lecz przede wszystkim od morfologii. Niektóre minerały wędrują skośnymi lub tylko w zawiesinie, inne są toczone i przesuwane po dnie, niektóre koncentrują się głównie w określonej odległości od rejonu abrazji, np. biotyt głównie w odległości 10—115 km, natomiast granat pozostaje przy brzegu. Badania B. Nowaka wykazały, iż osady transgresywne zawierają zwykle więcej granatów, natomiast regresywne więcej amfiboli i lyszczyków. Tworzą się ponadto charakterystyczne zespoły, wskazujące na genezę osadu, np. zespół granat-magnetyt-ilmenit charakterystyczny jest dla osadów transgresywnych. B. Nowak stwierdził, że selekcja minerałów ciężkich zachodzi zarówno w kierunku prostopadłym do brzegu morskiego, jak i równoległym, jednak w kierunku prostopadłym jest silniejsza.

Analiza minerałów okazała się szczególnie pomocna gdyż brak jest dostępu do podłoża. Ostatnie badania szelfu Antarktydy wykazały zróżnicowanie regionalne w składzie frakcji ciężkiej i pozwoliły wnioskować o rodzaju skał podłoża. Próbkę pobierane były z łoża, a frakcja ciężka badana po jego rozpuszczeniu. Badania te otwierają szerokie perspektywy zastosowania analizy minerałów ciężkich w badaniach obszarów podbiegunowych.

Badania frakcji ciężkiej mają również olbrzymie znaczenie w poszukiwaniach złóż metali rzadkich, co wykazali m.in. O. Juszkowiak (9) i A. Jaworski (7). Szczególnie powszechne są poszukiwania tzw. pogrzebanych rozsyplik, stosowane szeroko w Związku Radzieckim, Stanach Zjednoczonych i krajach skandynawskich, a ostatnio w Polsce. Złoża takie są szczególnie poszukiwane ze względu na dużą skalę także w Indiach, Australii i Afryce Zachodniej. (Przykładem są tzw. „czarne” piaski występujące na plażach Senegalu i Gwineji. Wg A. Morawieckiego (13) są one złożone głównie z ilmenitu, tytanomagnetytu, rutyłu oraz cyrkonu i stanowią one poważne źródło tytanu, a nawet hafnu. Obecnie Instytut Geologiczny w Warszawie prowadzi poszukiwania pogrzebanych plaż rozmaitych formacji osadowych na Niżu Polskim. Jakkolwiek więc frakcja ciężka skał osadowych nie jest na ogół szczególnie interesująca pod względem mineralogicznym, badania tej prowadzi się na całym świecie w poszukiwaniach złóż oraz dla rozstrzygnięcia różnych problemów geologicznych i paleogeograficznych.

#### LITERATURA

1. Bobrownik D. P. — O granatach iz gornych porod jugozapadnoj okrainy ruskaj Platformy. Min. Zbornik. Lwowskiego Geol. Obszcz., 1958, nr 12.
2. Burtan J. — Wiercenie Rzeszotary 2. Kwart. geol., 1962, nr 2.
3. Czajor E. — Osady permu. W: Petrografia podłoża krystalicznego zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej i jego pokrywy osadowej. Biul. IG (w druku).
4. Gieraniczewska G. K. — Osobienności wewnętrznego strojenia krystalów cirkona. Zap. Wsiesoj. Miner. Obszcz. 1968, (Wyp. 2, s. 2, cz. 97).
5. Gurżij D. W., Tkaczuk L. G. — O stupieńczatoj (czerepłeczatoj) formie granatow. Min. Zbornik, 1959, nr 13. Lwów.
6. Hoppe G. — Morphologische Untersuchungen als Beiträge zu einigen Zirkon — Alterbestimmungen. Neues Jb. Miner. Abh. 1964, Bd. 102, H. 1. Stuttgart.
7. Jaworski A. — Analiza szlichowa aluwiiów środkowego dorzecza Sufraganca i Bobrzy w północno-zachodniej części Gór Świętokrzyskich. Kwart. geol. 1961, nr 2.
8. Juszkowiak M. — Granaty podłoża krystalicznego północno-wschodniej Polski. Biul. IG 225, 1969.
9. Juszkowiak O. — Poszukiwania złóż metali rzadkich metodą szlichową we wschodnim obrze-

- żeniu masywu Karkonoszy. Kwart. geol. 1959, nr 4.
10. Kalinko M. K. — Opriedelenije granulomietriczeskogo sostawa terrigennyh tiezolyh mineralow kakk odin iz metodow wyjasnienija putiej ich migracii. Sow. Geol. 1959, nr 12.
  11. Ludwig G. — Untersuchungs- und Darstellungsmethoden von Schwermineralanalysen. Geologie, 1953, Jahrgang 2, nr 3.
  12. Maliszewska A. — Osady liasu. W: Petrografia podłoża krystalicznego zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej i jego pokrywy osadowej. Biul. IG (w druku).
  13. Morawiecki A. — Piaski tytanowo-cyrkonowe z przyłądka Verge w Gwinei. Kwart. geol., 1962, nr 1.
  14. Nowak B. — Minerale ciężkie jako wskaźnik transportu i akumulacji materiału piaszczystego wybrzeża południowego Bałtyku. Praca doktorska niepubl., Gdańsk, 1967.
  15. Pawlica W. — Ilaste mudy żelazne Starachowic. Spraw. PIG, 1920, t. 1, z. 1.
  16. Przybyłowicz T. — Petrografia dolnego liasu środkowej części doliny Kamiennej. Arch. Min. 1967, t. 27, z. 2.
  17. Racinowski R., Rzechowski J. — Znaczenie szczegółowych badań minerałów ciężkich dla stratygrafii czwartorzędu. Kwart. geol., 1963, nr 2.
  18. Racinowski R. — Minerale ciężkie w ławach i glebach kopalnych w Nielewici na Wyżynie Lubelskiej. Materiały do 63 Sesji naukowej IG., Warszawa, 1969.
  19. Radziszewski P. — Przyczynek do petrografii dolnego kambru we wschodniej części Gór Świętokrzyskich. Spraw. PIG, 1928, t. 4, z. 4.
  20. Ryka W. — Czarnokity z Podlasia, Biul. IG 225, 1969.
  21. Schröder B. — Schwermineral führung und Paleogeographie des Doggersandstein in Nordbayern. Erl. geol. Abh., 1962, H. 42.
  22. Senkowińczowa H., Ślęczka A. — O wieku piaskowców z Wąchocka. Kwart. geol., 1967, nr 1.
  23. Sındowski F. — Results and problems of heavy mineral analysis in Germany; a review of sedimentary petrological papers, 1936—1948. Journ. of Geol., Petrology, 1949, v. 13, nr 1. Urbana-Illinois.
  24. Teofilak A. — Liassic heavy minerals and their origin. Bull. Acad. Pol. Sci. Sér. Sc. Géol. géogr., 1966, v. 14, nr 1.
  25. Teofilak-Maliszewska A. — Petrografia osadów liasu w północnym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. Biul. IG, 216, 1968.
  26. Turnau-Morawska M. — Znaczenie analizy minerałów ciężkich w rozwiązywaniu zagadnień geologicznych. Acta geol. pol. 1953, v. 5, z. 3.
  27. Znosko J. — Mapa geologiczna obszaru północno-wschodniej Polski bez utworów trzeciorzędu z zaznaczeniem zasięgu rozprzestrzenienia starszych formacji osadowych, w skali 1:1 000 000. Inst. Geol., Warszawa, 1965.

#### SUMMARY

Significance is presented of heavy mineral analysis for geological investigations, particularly for stratigraphic studies of transportation directions, for palaeogeographic problems and for ore prospectations. Development of studies on heavy minerals using isotope and electron-diffraction methods is described, too. The results of the new research of heavy minerals are discussed in view of their transportation and accumulation. Moreover, new possibilities are presented as concerns the analysis of heavy minerals in the studies on Quaternary deposits.

## **Р Е З Ю М Е**

В статье рассматривается значение анализа тяжелых минералов в геологических исследованиях — стратиграфии, в определении направлений переноса обломочного материала, в палеогеографии и учении о месторождениях полезных ископаемых. Описывается развитие минералогического исследо-

вания тяжелой фракции с применением электронографии и определений абсолютного возраста изотопным методом. Приводятся результаты новейших исследований в области переноса и аккумуляции тяжелых минералов. Подчеркиваются новые возможности применения анализа этих минералов в изучении четвертичных осадков.

Перевод автора