

Roman RACINOWSKI, Jan RZETCHOWSKI

Minerały ciężkie w glinach zwałowych Polski środkowej

WSTĘP

Systematyczne badania glin zwałowych Nizy Polskiego prowadzone przez Instytut Geologiczny objęły również analizę zespołu minerałów ciężkich. W polskim piśmiennictwie brak było dotychczas pełnej charakterystyki jakościowej i ilościowej zespołu minerałów ciężkich występujących w glinach zwałowych. Tylko w nielicznych opracowaniach zamieszczane były wyniki analiz frakcji ciężkiej, obejmującej jednak zaledwie kilka do kilkunastu próbek gliny zwałowej. Obszerniejsze materiały dotyczyły regionów górskich (Sudety, Karpaty), gdzie sedimentacja glacialna przebiegała w odmiennych warunkach niż na Nizu Polskim. Nie można więc tych materiałów zestawić z wynikami dotyczącymi terenów Nizu. Tymczasem w krajach sąsiadujących z Polską analiza minerałów ciężkich stała się jedną z podstawowych metod charakterystyki litologiczno-petrograficznej glin zwałowych (Tj. H. van Andel, 1959; N. Bhattacharya, 1963; L. I. Briggs, 1965; A. J. Klimasauskas, 1965, 1967; A. I. Koptiew, 1961; V. Leinz, 1933; K. I. Łukaszew, W. K. Łukaszew, 1969; L. B. Ruchin, 1961; M. Turnau-Morawska, 1955).

Oprócz małej liczby opracowań odnoszących się do terytorium Polski zestawianie wyników było niemożliwe ze względu na brak ujednoczonych zasad wykonywania analiz. Największa rozbieżność istnieje w odniesieniu do wyboru frakcji najbardziej charakterystycznej dla zespołu minerałów ciężkich. W tej sytuacji podjęto badania minerałów ciężkich z glin zwałowych w sposób kompleksowy, przy wykorzystaniu bogatych doświadczeń metodycznych zebranych przy pracach nad skałami osadowymi starszych formacji geologicznych.

Przyjęto zasadę analizowania zespołu minerałów ciężkich w czterech frakcjach: $0,5 \div 0,25$ mm, $0,25 \div 0,1$ mm, $0,1 \div 0,06$ mm i $0,06 \div 0,01$ mm. Te przedziały średnic wyczerpują właściwie możliwość występowania wymienionych minerałów w glinach zwałowych (Tj. H. van Andel, 1959; L. I. Briggs, 1965; A. J. Klimasauskas, 1967; V. Leinz, 1933; K. I. Łukaszew, W. K. Łukaszew, 1969; K. Łydkka, M. Turnau-Morawska, 1967; R. Racinowski, 1969; R. Racinowski, J. Rzechowski, 1968; M. Turnau-Morawska, 1955). Frakcję ciężką wydzielano w bromoformie o ciężarze właś-

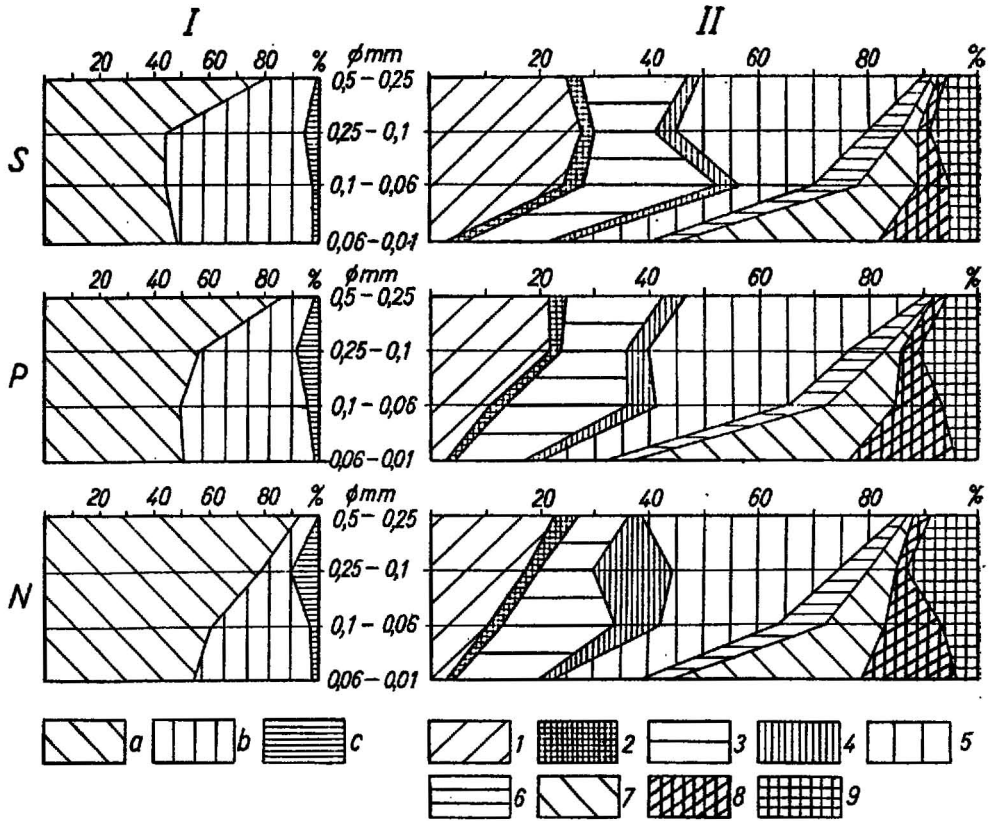


Fig. 1. Średni skład minerałów ciężkich w różnowiekowych glinach zwalowych w zależności od wielkości frakcji

Average composition of heavy minerals in boulder clays of various age depending upon fraction size

N — zlodowacenie najstarsze, *P* — zlodowacenie południowopolskie, *S* — zlodowacenie środkowopolskie; I — podział grupowy: a — minerały nieprzezroczyste, b — minerały przezroczyste, c — glaukonit; II — minerały przezroczyste: 1 — amfibol, 2 — piroksen, 3 — biotyt, 4 — chloryt, 5 — granat, 6 — epidot, 7 — cyrkon, 8 — rutyl, 9 — inne minerały trwałe (dysten, staurolit, turmalin)

N — oldest glaciation *P* — South-Polish Glaciation, *S* — Middle-Polish Glaciation; I — division into groups: a — opaque minerals, b — transparent minerals, c — glauconite; II — transparent minerals: 1 — amphibole, 2 — pyroxene, 3 — biotite, 4 — chlorite, 5 — garnet, 6 — epidote, 7 — zircon, 8 — rutile, 9 — other resistant minerals (disthene, staurolite, tourmaline)

ciwym $2,89 \text{ g/cm}^3$. W każdej z czterech wymienionych frakcji obliczono zawartość minerałów nieprzezroczystych, glaukonitu i minerałów przezroczystych (fig. 1). Te ostatnie analizowano w preparatach luźnych, ustalając proporcje ilościowe na podstawie $200 \div 300$ ziarn. Celem syntetycznego przedstawienia uzyskanych wyników obliczono współczynnik wietrzeniowy według następującej formuły:

$$W = \left(\frac{ST}{T} \right) \cdot N$$

gdzie: T — minerały trwałe, odporne na niszczenie (cyrkon, dysten, rutil, staurolit, turmalin)

ST — minerały średnio trwałe (apatyt, epidot, granat, sylimanit)

N — minerały nietrwałe (amfibole, biotyt, chloryt, pirokseny)

Wymienione grupy mineralne wyróżnione zostały za L. B. Ruchinem (1961). Ten współczynnik wietrzeniowy preferuje szczególnie minerały nietrwałe, których zawartość w glinach zwałowych jest bardzo zmienna.

Przedstawiona poniżej praca objęła gliny zwałowe pochodzące z 9 profili wiertniczych, zlokalizowanych w środkowej i wschodniej Polsce, a mianowicie: Doblesz (przy ujściu Pilicy do Wisły), Brzozówka (na W od Warszawy), Trębki k. Zakroczymia, Popielżyn nad dolną Wkrą, Świercze k. Nasielska, Piaski i Strupczewo k. Płocka, Tyszki (na N od Ostrowi Mazowieckiej) i Borowie k. Stoczka Łukowskiego. Ogółem wykonano analizy ze 160 próbek glin zwałowych różnego wieku.

ZALEŻNOŚĆ FREKWENCJI MINERAŁÓW CIĘŻKICH W GLINACH ZWAŁOWYCH OD WIELKOŚCI FRAKCJI

Od dawna znany jest fakt grupowania się określonych minerałów ciężkich w niektórych frakcjach. W Polsce zagadnieniem tym zajmowała się m.in. T. Przybyłowicz przy badaniu utworów jurajskich. Przy opracowywaniu glin zwałowych problem ten szeroko poruszali badacze białoruscy, litewscy, łotewscy i estońscy (A. J. Klimaszauskas, 1967; A. I. Koptiew, 1961; V. Leinz, 1933; K. I. Łukaszew, W. K. Łukaszew, 1969; A. W. Raukas, 1965).

W skład minerałów nieprzezroczystych wchodzi głównie tlenki i wodorotlenki żelaza, piryt, a w mniejszej ilości ilmenit. Ponadto znaczną domieszkę stanowią tu nieprzezroczyste minerały silnie zwietrzałe. Minerały nieprzezroczyste stanowią przeszło 50% wszystkich minerałów ciężkich. W proporcjach ilościowych tej grupy mineralnej obserwuje się zmienność dwójakiego rodzaju. Ilość minerałów nieprzezroczystych wzrasta stopniowo wraz ze zwiększaniem rozmiaru frakcji, z drugiej zaś strony (niezależnie od średnicy) w miarę przechodzenia ku coraz starszym poziomom glin zwałowych.

Glaukonit wykazuje największą frakwencję we frakcji 0,25 ÷ 0,1 mm (średnio 57%). Jednakże udział tego minerału w glinach zwałowych jest zmienny, przy czym wzrasta na ogół w starszych poziomach stratygraficznych. I tak w glinach zlodowacenia najstarszego i południowopolskiego, we frakcji 0,25 ÷ 0,1 mm, zawartość glaukonitu może przekraczać 20% wszystkich minerałów ciężkich.

W rozważaniach nad minerałami przezroczystymi pominięte zostały składniki pojawiające się sporadycznie lub w nieznacznych ilościach. Dotyczy to takich minerałów jak: andaluzyt, sylimanit, spinel i kilka innych. Omówienie minerałów przezroczystych ograniczono do składników, które nadają specyficzne piętno całemu zespołowi minerałów ciężkich glin zwałowych.

Amfibole reprezentowane są prawie wyłącznie przez hornblendę zieloną; rzadko pojawia się odmiana brunatna. Minerały te wykazują

Tabela 1

Średni rozkład względnych udziałów minerałów ciężkich we frakcjach

Frakcje w mm	Minerały nieprzezroczyste	Glaukonit	Minerały przezroczyste											
			nietrwale				średnio-trwale			trwale				
			Amfibol	Piroksen	Biotyt	Chloryt	Apatyt	Epidot	Granat	Cyrykon	Rutyl	Dysten	Staurolit	Turmalin
0,5 — 0,25	35	11	38	47	22	20	—	8	42	1	8	19	12	24
0,25 — 0,1	24	57	37	20	17	35	19	33	28	7	9	37	55	32
0,1 — 0,06	21	20	20	25	36	30	42	39	17	22	29	23	23	26
0,06 — 0,01	20	12	5	8	25	15	29	20	13	70	54	21	10	18

bardzo wyraźną zależność od wielkości frakcji. W przedziałach 0,5÷÷0,25 mm i 0,25÷÷0,1 mm znajdują się maksymalne udziały amfiboli (tab. 1). Natomiast we frakcji 0,06÷÷0,01 mm następuje gwałtowne zubożenie ilości tych minerałów. Niezależnie od wielkości frakcji frekwencja ich wykazuje tendencję spadkową w kierunku poziomów coraz starszych (fig. 1).

Pirokseny występują w niewielkich ilościach; głównie jako odmiany jednoskośne, ale często spotyka się pojedyncze ziarna piroksenu rombowego (hipersten). Zmiany ilości tych minerałów mają charakter zbliżony do zmienności amfiboli.

Biotyt nie przejawia żadnej zależności od rozmiaru frakcji. Maksymalne udziały posiada frakcja 0,1÷÷0,06 mm (średnio 36%), gdy w pozostałych są one zbliżone. Zasluguje na pewną uwagę podobna zawartość biotytu nawet we frakcji 0,06÷÷0,01 mm. W tej najdrobniejszej frakcji blaszki biotytu mają bardzo często stepione naroża, co w pewien sposób świadczy, iż minerał ten dostał się do próbki drogą naturalną, a nie w wyniku mechanicznego rozdrobnienia podczas przygotowywania preparatów.

Chloryt również wykazuje zawartość niezależną od wielkości ziarn, przy czym maksymalne udziały tego minerału notuje się w przedziałach 0,25÷÷0,1 mm i 0,1÷÷0,06 mm. Ważnym jest stwierdzenie, że chloryt wyraźnie zwiększa swą frekwencję w glinie zwałowej najstarszego złodowacenia (przede wszystkim w trzech frakcjach grubszych). Jego udział we frakcji 0,25÷÷0,1 mm może osiągać tutaj ponad 20% wszystkich minerałów przezroczystych.

Apatyt występuje w zbliżonych udziałach w glinach zwałowych różnego wieku. We frakcji 0,5÷÷0,25 mm zasadniczo nie pojawia się. Najliczniejszy jest wśród ziarn o średnicy mniejszej niż 0,1 mm.

Epidot ma największą frekwencję przy średnicach 0,25÷÷0,1 mm i 0,1÷÷0,06 mm, ale nie wykazuje zróżnicowania związanego z wiekiem glin zwałowych (fig. 1).

Granat reprezentowany jest przede wszystkim przez odmiany bezbarwne, rzadziej różowe i brunatne. Podobnie jak amfibole, tak i granaty przejawiają wyraźną zależność swej frekwencji od wielkości frakcji. W miarę zwiększania średnic ziarn rośnie ilość granatów. Zmiany ilościowe są w dodatku podobnego rzędu jak w przypadku amfiboli (tab. 1).

Natomiast trudno zauważyć regularne zmiany frekwencji granatów w profilu stratygraficznym. Dotychczasowe badania wskazują raczej na zbliżone udziały tych minerałów w różnowiekowych glinach zwałowych (fig. 1).

Cyrkon jest przeciwstawieniem granatu, jeśli idzie o zmiany ilościowe. Mianowicie, w miarę zmniejszania wielkości frakcji gwałtownie wzrasta zawartość cyrkonu (od 1% do 70%). Różnowiekowe gliny zawierają jednak zbliżone ilości tego minerału.

Rutyl zachowuje się podobnie jak cyrkon, tylko amplituda zmian ilościowych jest tu nieco mniejsza (tab. 1). Równocześnie stwierdza się, że we frakcjach 0,1÷0,06 mm i 0,06÷0,01 mm starsze poziomy glin mają większe udziały rutylu.

Dysten pojawia się w glinach zwałowych w nieznacznych ilościach, przy czym jego udział największy jest we frakcji 0,25÷0,1 mm. Zazwyczaj w nastarszej glinie jest on bardziej liczny niż w młodszych (fig. 1).

Staurolit tworzy zdecydowaną koncentrację we frakcji 0,25÷0,1 mm (średnio 55%). W minimalnych ilościach znajduje się natomiast we frakcjach skrajnych (tab. 1). Nie można zaobserwować wyraźnej relacji między jego frekwencją a wiekiem glin.

Turmalin jest reprezentowany najczęściej przez odmiany o pleochroizmie zielonym i brązowym. Rozsiew tego minerału w badanych frakcjach jest bardzo zbliżony (zwłaszcza w trzech grubszych), przy czym maksimum znajduje się w przedziale 0,25÷0,1 mm. Istnieje znikomy związek między zawartością turmalinu a poziomami stratygraficznymi glin. Jedynie we frakcji 0,25÷0,1 mm można zauważyć, że gliny starszych poziomów zawierają nieznacznie więcej tego minerału.

Przedstawione spostrzeżenia są zbliżone z wynikami badań podobnego rodzaju prowadzonymi na Białorusi i na Litwie (A. J. Klimaszauskas, 1965, 1967; A. I. Koptiew, 1961; K. I. Łukaszew, 1966; K. I. Łukaszew, W. K. Łukaszew, 1969). Odmiennej charakter ma jedynie rozsiew wielkości ziarn minerałów nieprzezroczystych. Na Litwie zaobserwowano, że coraz większe udziały tych minerałów pojawiają się w miarę zmniejszania się wielkości frakcji, a więc odwrotnie niż u nas. Przyczyną jest prawdopodobnie znacznie większy udział ilmenitu i leukoksenu w glinach zwałowych Litwy, podczas gdy w badanych profilach Polski środkowej i wschodniej leukoksenu prawie nie stwierdzono.

ZMIENNOŚĆ ZESPOŁU MINERAŁÓW W GLINACH ZWAŁOWYCH

Średni skład mineralny frakcji ciężkiej przedstawiony na fig. 1 oraz pochodne od niego średnie rozkłady częstotliwości występowania współczynnika W (tab. 2) pozwalają zestawić szereg interesujących i nowych stwierdzeń. Przede wszystkim okazuje się, że zmiany ilościowe w zespole minerałów ciężkich występują w sposób najbardziej zdecydowany i regularny we frakcji 0,25÷0,1 mm.

We frakcjach skrajnych (0,5÷0,25 i 0,06÷0,01 mm) rezultaty analiz przejawiają małą zmienność, szczególnie w spektrum zespołu minerałów ciężkich (fig. 1). Częstotliwość występowania kolejnych przedziałów wartości współczynnika wietrzeniowego W we frakcji 0,06÷0,01 mm cechuje

Tabela 2

Średni rozkład częstotliwości występowania współczynnika W w różnowiekowych glinach zwalowych

Wiek	Frakcje w mm																	Ilość analizo- wanych próbek	
	0,06 ÷ 0,01					0,1 ÷ 0,06				0,25 ÷ 0,1				0,5 ÷ 0,25					
	wartości współczynnika W																		
	<2,5	2,5 ÷ 5,0	5,1 ÷ 7,5	7,6 ÷ 10	>10	<25	26 ÷ 50	51 ÷ 75	>75	<50	50 ÷ 100	101 ÷ 150	151 ÷ 200	>200	<100	100 ÷ 200	201 ÷ 300		>300
B	—	10	10	30	50	—	—	—	—	—	10	40	10	40	—	—	—	—	10
S	2	19	22	15	42	3	34	45	18	3	44	40	13	10	6	36	18	40	59
P	11	18	28	15	28	11	65	19	5	3	50	28	10	9	—	54	18	28	76
N	13	13	33	13	28	20	60	18	2	7	60	20	7	6	—	60	20	20	15

nie tylko najmniejsza, ale i nieregularna zmienność (tab. 2). Wiąże się to zapewne z istnieniem skrajnie małych lub skrajnie dużych udziałów poszczególnych minerałów w tym przedziale średnic (tab. 1).

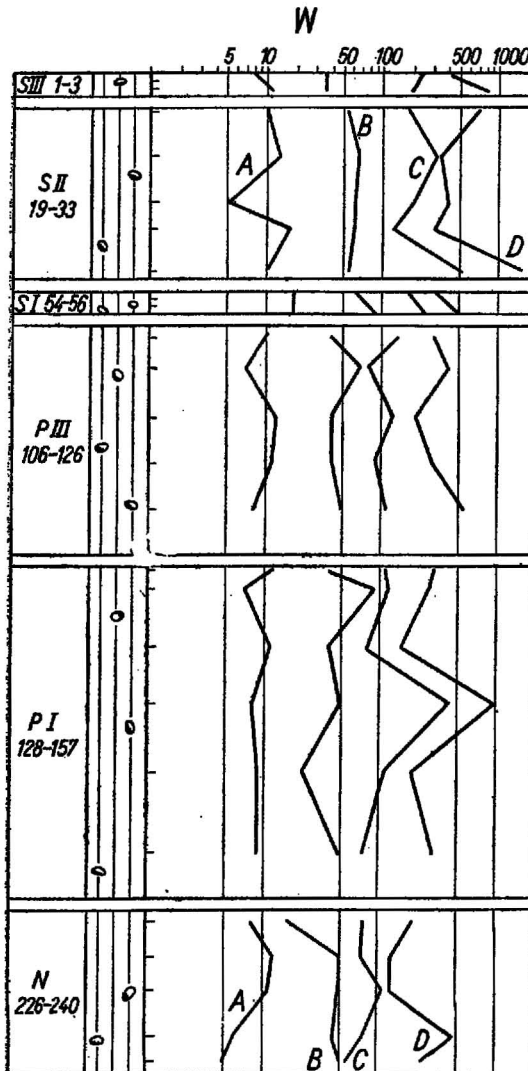


Fig. 2. Zmienność współczynnika W w glinach zwałowych z profilu Tyszki

Change of W coefficient in boulder clays of the Tyszki cross section

symbole stratygraficzne jak na fig. 1; I, II, III — stadia pierwszy, drugi i trzeci; 19-33 — miąższość gliny zwałowej w metrach; A — frakcja 0,06-0,01 mm, B — frakcja 0,1-0,06 mm, C — frakcja 0,25-0,1 mm, D — frakcja 0,5-0,25 mm; W — wartości współczynnika wietrzeniowego

stratigraphical symbols as in Fig. 1; I, II, III — first second and third stages; 19-33 — thickness of boulder clay in metres; A — 0,06-0,01 mm fraction, B — 0,1-0,06 mm fraction, C — 0,25-0,1 mm fraction, D — 0,5-0,25 mm fraction, W — value of weathering coefficient

Zestawienie średnich rozkładów częstotliwości występowania współczynnika W świadczy dowodnie, że zwłaszcza we frakcji 0,25-0,1 mm można przeprowadzać w oparciu o ten rozkład różnicowanie różnowiekowych poziomów glin zwałowych. Stwierdzenie to jest o tyle ważne, że próby zestawienia średnich wartości tegoż współczynnika według poziomów stratygraficznych nie dały żadnego regularnego układu. Narzuca się tutaj analogia z analizą średnich wartości parametrów granulometrycznych (np. mediana, współczynnik wysortowania, asymetria) pod kątem

przydatności tych wartości średnich dla rozpoziomowywania stratygraficznego glin zwałowych. Liczne próby tego rodzaju wykazywały również brak regularnych zmian w wartościach średnich wspomnianych parametrów. Natomiast zestawienie częstotliwości występowania różnych rozkładów uziarnienia (szeregów rozdzielczych) pozwoliło wykazać ich zmienność związaną z poziomami stratygraficznymi (J. Rzechowski, praca w przygotowaniu do druku).

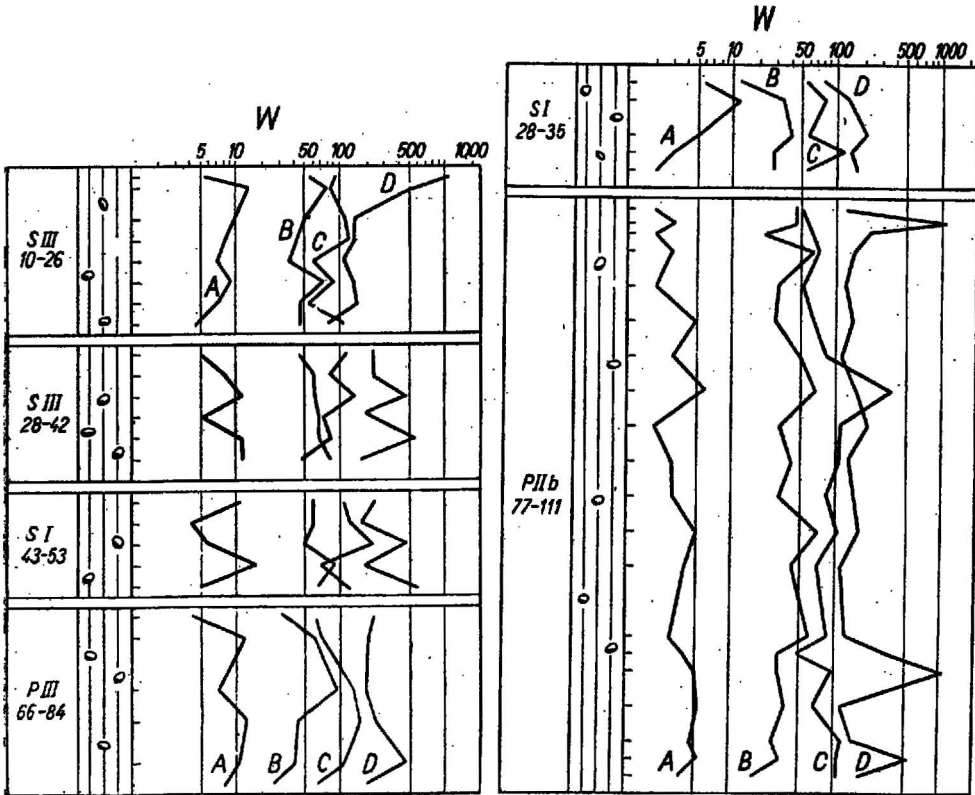


Fig. 3

Fig. 4

Fig. 3. Zmienność współczynnika W w glinach zwałowych z profilu Świercze
Change of W coefficient in boulder clays of the Świercze cross section
Objaśnienia symboli jak na fig. 2
Explanations symbols as in Fig. 2

Fig. 4. Zmienność współczynnika W w glinach zwałowych z profilu Dobiesz
Change of W coefficient in boulder clays of the Dobiesz cross section
IIb — młodsza faza drugiego stadiu; pozostałe objaśnienia symboli literowych jak na fig. 2
IIb — younger phase of the Second Stage; other explanation of literal symbols as in Fig. 2

Porównanie średnich wartości frekwencji minerałów ciężkich (fig. 1) i średnich rozkładów częstotliwości współczynnika W (tab. 2) dla różnowiekowych poziomów glin zwałowych sugeruje istnienie odrębności po-

między tymi poziomami. Wyraża się to najpełniej we wzroście udziałów minerałów nieodpornych w coraz młodszych poziomach stratygraficznych, przy równoległym zmniejszaniu frekwencji glaukonitu i minerałów przezroczystych. Trzeba tu jednak zauważyć, że wspomniane prawidłowości przejawiają się przy zestawieniu łącznym wszystkich profilów. Natomiast poszczególne profile mogą wykazywać odmienny rozkład zmian ilościowych, lokalnie mających nawet kierunek przeciwny niż dla całego badanego obszaru. Przyczynę stanowi w takich przypadkach zjawisko zmienności regionalnej, poznane już wcześniej przez wielu autorów (L. I. Briggs 1965; A. J. Klimaszauskas, 1967; K. I. Łukaszew, W. K. Łukaszew, 1969; R. Racinowski, 1969; R. Racinowski, J. Rzechowski, 1968, 1969; J. Rzechowski, praca w przygotowaniu do druku). Zmienność regionalna tego rodzaju wiąże się przede wszystkim z charakterem litologicznym podłoża osadów czwartorzędowych w danym regionie (L. I. Briggs, 1965; A. I. Koptiew, 1961; K. Łydkka, M. Turnau-Morawska, 1967; E. Rühle, 1967).

Zagadnienie zmian w przebiegu wartości współczynnika W w profilach rzeczystych rozpatrzono na przykładzie trzech profili wiertniczych z Tyszek, Świercz i Dobiesz (fig. 2, 3, 4). Wspólną cechą wszystkich trzech diagramów jest odsunięcie krzywej wartości dla frakcji $0,06 \div \pm 0,01$ mm (linia A) od pozostałych krzywych. Natomiast wartości W we frakcjach grubszych są na wykresach zbliżone do siebie, niekiedy nawet przecinają się. Oczywiście podobieństwo to jest pozorne, bowiem wartości W naniżone są w skali logarytmicznej. Tym niemniej można mówić o zbieżności rzeczywistej w wartościach w odniesieniu do frakcji $0,25 \div \pm 0,1$ i $0,1 \div \pm 0,06$ mm.

Przebieg wartości dla frakcji najgrubszej wykazuje najbardziej nieregularne i dalekie odchylenia. Zjawisko to jest wynikiem dużej zmienności zespołu minerałów ciężkich we frakcji $0,5 \div \pm 0,25$ mm, i to zmienności odmiennego charakteru niż we frakcjach pozostałych. Na ogół wszelkie załamania przebiegu krzywych są do siebie równoległe w trzech pozostałych frakcjach drobniejszych. W nielicznych miejscach wyłamuje się z tego porządku frakcja najdrobniejsza. Przyczyna jest tu taka sama jak w przypadku frakcji najgrubszej.

Przy interpretacji charakteru zmian w przebiegu krzywych konieczne jest sięgnięcie do innych własności litologiczno-petrograficznych glin zwałowych. Wydaje się, że największa zależność istnieje pomiędzy uziarnieniem i składem minerałów ciężkich. Stwierdzono np., że swoista odrębność zespołu minerałów ciężkich z profilu Tyszek idzie w parze z odmiennym w stosunku do innych profili uziarnieniem (R. Racinowski, J. Rzechowski, 1969). W następnych analizowanych profilach (fig. 3, 4), a również wielu innych uziarnienie ma charakter bardziej monotony niż w Tyskach, a równocześnie krzywa wartości współczynnika W nie wykazuje tak wielkich odchyżeń jak w profilu Tyszek. Zmiany uziarnienia glin zwałowych są rejestrowane przez zespół minerałów ciężkich np. w ten sposób, że wartości ekstremalne współczynnika W odpowiadają zwiększonemu udziałowi frakcji piaszczystych w glinie zwałowej.

Ścisłe powiązanie zróżnicowania składu mineralnego frakcji ciężkiej ze zmianami w charakterze uziarnienia potwierdza wcześniejsze wnioski autorów o wpływie lokalnego podłoża osadów czwartorzędowych na własności gliny zwałowej dennej. Stąd też określenie zespołu minerałów cięż-

kich może być — na równi z innymi charakterystykami — pomocne przy rekonstrukcji regionalnych lub lokalnych warunków glacjacji i deglacjacji danego obszaru. Z drugiej zaś strony — poprzez obliczenie częstotliwości występowania wybranych parametrów (wskaźników) mineralogicznych w określonych poziomach — można oceniać korelacje stratygraficzne glin zwałowych z zastrzeżeniem, że badania tego rodzaju będą prowadzone w powiązaniu z całym kompleksem innych własności i charakterystyk litologiczno-petrograficznych. Analiza pojedynczych cech może doprowadzić bowiem do całkowicie mylnych wniosków.

Zakład Geologii Wybrzeża
Instytutu Geologicznego
Szczecin, ul. Storrady 1

Zakład Zdjęć Geologicznych Niżu
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4

Nadesłano dnia 1 października 1969 r.

PIŚMIENNICTWO

- ANDEL, T. J. van (1959) — Reflection on the interpretation of heavy mineral analyses. *J. Sed. Petr.*, 29, p. 153—163, nr 2. Menasha.
- BHATTACHARYA N. (1963) — Weathering of glacial tills in Indiana: III Heavy minerals. *J. Sed. Petr.*, 33, p. 766—794, nr 3. Menasha.
- BRIGGS L. I. (1965) — Heavy mineral correlations and provenances. *J. Sed. Petr.*, 35, p. 939—955, nr 4. Menasha.
- CHAYES F. (1962) — Numerical correlations and petrographic variation. *J. Geol.*, 70, p. 440—452, nr 4. Chicago.
- LEINZ V (1933) — Ein Versuch Geschiebemergel nach dem Schwermineraliengehalt stratigraphisch zu gliedern. *Z. f. Geschiebeforschung*, 9, p. 156—168. Berlin.
- LUKASZEW K. J., LUKASZEW W. K. (1969) — Zastosowanie metod litologiczno-geochemicznych w badaniach utworów czwartorzędowych Białoruskiej SRR. *Biul. Inst. Geol.* 220, Warszawa.
- LYDKA K., TURNAU-MORAWSKA M. (1967) — Minerale ciężkie z osadów trzeciorzędowych i plejstoceńskich w Marantowie (koło Konina). *Pr. Inst. Geol.*, 48, p. 137—144. Warszawa.
- MOJSKI J. E., RZETCHOWSKI J. (1967) — Niektóre wyniki badań petrograficzno-litologicznych nad utworami czwartorzędowymi Polski wschodniej i środkowej. *Zesz. Nauk. Uniw. A. Mickiewicza, Geogr. z.* 7, p. 131—147. Poznań.
- RACINOWSKI R. (1969) — Wyniki badań granulometrycznych i mineralnopenetrograficznych glin zwałowych Polski Wschodniej. *Biul. Inst. Geol.*, 220, p. 289—323. Warszawa.
- RACINOWSKI R., RZETCHOWSKI J. (1968) — Znaczenie szczegółowych badań minerałów ciężkich dla stratygrafii czwartorzędu. *Kwart. geol.*, 12, p. 435—437, nr 2. Warszawa.
- RACINOWSKI R., RZETCHOWSKI J. (1969) — Selected problems of lithology and petrography of the glacial tills in Central and Eastern Poland. *Geogr. Pol.* 17. Warszawa.

- RÜHLE E. (1967) — Podłoże czwartorzędu i jego wpływ na rozmieszczenie i charakter osadów czwartorzędowych w Polsce. Czwartorzęd Polski, p. 9—17. Warszawa.
- RZECHOWSKI J. (w przygotowaniu do druku) — Granulometryczno-petrograficzne własności glin zwałowych w dorzeczu środkowej Widawki. Biul. Inst. Geol. Warszawa.
- TURNAU-MORAWSKA M. (1955) — Znaczenie analizy minerałów ciężkich w rozwiązywaniu zagadnień geologicznych. Acta geol. pol., 5, 363—388, nr 3. Warszawa.
- КЛИМАШАУСКАС А. Ю. (1965) — Гранулометрические свойства и закономерности минералогического состава моренных отложений юго-восточной Литвы. Труды Инст. Геол. АН Лит. ССР, 2, стр. 39—103. Вильнюс.
- КЛИМАШАУСКАС А. Ю. (1967) — О возможности применения минералогических данных для стратиграфического расчленения четвертичной толщи. Труды Инст. Геол. АН Лит. ССР, вып. 5, с. 41—50. Вильнюс.
- КОПТЕВ А. И. (1961) — Некоторые закономерности в распределении минералогического состава антропогенных отложений области древнего оледенения Европы. Мат. по генезису и литологии четверт. отложений, с. 161—182. Минск.
- ЛУКАШЕВ К. И. (1966) — Геохимическая характеристика литогенеза и ландшафтов Белорусского Полесья. Минск.
- РАУКАС А. В. (1965) — Опыт применения минералогического анализа при исследовании четвертичных отложений Эстонии. Учен. Зап. Тарт. Унив., вып. 168. Тарту.
- РУХИН Л. Б. (1961) — Основы литологии. Москва.

Роман РАЦИНОВСКИ, Ян ЖЕХОВСКИ

ТЯЖЕЛЫЕ МИНЕРАЛЫ В ВАЛУННЫХ ГЛИНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЛЬШИ

Резюме

В состав комплексных работ над валунными глинами Польской низменности вошли исследования тяжелых минералов фракций: 0,5—0,25 мм, 0,25—0,1 мм, 0,1—0,06 мм и 0,06—0,01 мм. Было вычислено содержание непрозрачных минералов, глауконита и прозрачных минералов. Среди последних произведен детальный анализ ассоциации, а в целях сокращенного изображения полученных результатов определены величины коэффициента выветривания (*W*). В сумме произведены анализы 160 образцов валунных глин различного возраста.

Анализ тяжелых минералов в четырех фракциях позволил определить изменчивость их содержания в зависимости от величин фракций. Непрозрачные минералы (главным образом окиси и гидроокиси железа, пирит, реже ильменит) составляют свыше 50% всей тяжелой фракции исследованных валунных глин. Число их явно возрастает вместе с увеличением диаметра фракции. Зато, независимо от диаметра увеличивается содержание этих минералов во все более древних стратиграфических горизонтах (табл. 1).

Глауконит — наиболее многочисленный в фракции 0,25—0,1 мм, отличается изменяющимся содержанием, причем его величина возрастает в основном в старших валунных глинах.

Для амфиболов (главным образом зеленая роговая обманка) является характерным регулярное увеличение численности по мере увеличения фракции. В старших валунных глинах содержание этого минерала меньше.

Биотит не обнаруживает связи между своей численностью и размером зёрен — содержание его примерно одинаково во всех фракциях.

Хлорит также в своем содержании независим от величины фракции (самое большое его содержание в границах 0,25—0,1 и 0,1—0,06 мм). Важно отметить, что валунная глина самого древнего оледенения содержит огромное количество этого минерала.

Гранаты изменяются также как амфиболы — их содержание увеличивается в грубых фракциях. Количественных же изменений в стратиграфическом разрезе не наблюдается. Циркон и рутил обнаруживают противоположное гранату распределение содержания. Их содержание резко увеличивается во все более мелких фракциях. Ставролит отличается от других минералов тем, что концентрируется во фракции 0,25—0,1 мм. Турмалин же рассеян примерно одинаково во всех фракциях, при самой большой концентрации во фракции 0,25—0,1 мм.

Анализ количественных изменений содержания тяжелых минералов, а также сопоставление частоты различных величин коэффициента выветривания (W), позволил сделать ряд новых выводов. Итак, количественные изменения группы тяжелых минералов наиболее ярко выражены и регулярны во фракции 0,25—0,1 мм. Зато в граничных (крайних) фракциях содержание отдельных минералов колеблется минимально. Во фракции 0,25—0,1 мм частота распределения величин коэффициента W позволяет дифференцировать горизонты валунных глин в соответствии с их возрастом. Сопоставление средних величин того же коэффициента не дает такой возможности.

Стратиграфическая дифференциация проявляется в группе тяжелых минералов валунных глин прежде всего тем, что увеличивается количество неустойчивых минералов в глинах все более молодого возраста при одновременном уменьшении содержания глауконита и прозрачных минералов. Эти закономерности выявляются однако только при генеральных сопоставлениях для всей исследуемой территории. В отдельных же разрезах могут отмечаться иные тенденции, что является выражением региональной изменчивости группы тяжелых минералов в валунных глинах. Все перечисленные количественные изменения группы тяжелых минералов тесно связаны с изменениями характера зернистости валунных глин.

Roman RACINOWSKI, Jan RZECHOWSKI

HEAVY MINERALS IN BOULDER CLAYS OF CENTRAL POLAND

Summary

Within the scope of a complex study on the boulder clays found to occur in the Polish Lowland area, examinations of heavy minerals have been made for the following fractions: 0.5—0.25 mm, 0.25—0.1 mm, 0.1—0.06 mm and 0.06—0.01 mm, as well as contents of opaque minerals, of glauconite, and of transparent minerals have been calculated. As concerns the transparent minerals, a detailed analysis has been made of an assemblage, and the values of weathering coefficient W have been determined to shorten the expression of the results obtained. On the whole, the analyses have been made for 160 samples of boulder clays, various in age.

The analyses of heavy minerals, made for four fractions, allowed the authors to determine the variations in the frequency of these minerals, depending upon their grain size. Opaque minerals (mainly iron oxides and hydroxides, pyrite, rarely also ilmenite) make more than 50% of the entire heavy fraction of the boulder clays examined. Their amount considerably increases with the increase in grain size. On the other hand, in the older stratigraphical horizons, the quantity of the minerals rises, independently of the diameter (Table 1).

Glauconite, that is most frequently found in fraction 0.25—0.1 mm, demonstrates a changing value, its frequency increasing, as a rule, in the older boulder clays.

Amphiboles (mainly green hornblende) are characterized by a regular increase in their quantity with the increase in grain size. A lower frequency of this mineral is characteristic of the older boulder clays. Biotite does not show any correlation between its quantity and grain size, its contents being approximate in all the fraction examined. Chlorite also demonstrates a frequency independent of grain size (the highest frequency has been observed to appear in fractions 0.25—0.1 mm and 0.1—0.06 mm). It should be stressed here that the boulder clay of the oldest glaciation is rich in this mineral. Garnets show a variation like that of amphiboles, i.e. their frequency increases in coarser fractions. On the other hand, no quantitative changes may be observed in stratigraphical profile. Both zircon and rutile are characterized by an inverse distribution of contents, as compared with garnets, i.e. they strongly augment their part in finer and finer fractions. Staurolite differs from other minerals by its considerable concentration in fraction 0.25—0.1 mm. Tourmaline in turn shows an approximate scattering in all the fractions, its greatest concentration appearing in fraction 0.25—0.1 mm.

Both analysis of quantitative changes in the contents of heavy minerals and comparison of frequency of various values of weathering coefficient W permit us to explain a series of new aspects. So, the quantitative changes in the assemblage of heavy minerals have been ascertained to appear distinctly and regularly in fraction 0.25—0.1 mm. On the contrary, in the extreme fractions the contents of the individual minerals reveal lowest oscillations. In fraction 0.25—0.1 mm, the frequency of distribution of the value of the coefficient W allows us to differentiate the horizons of boulder clays, according to their ages. This cannot, however, be obtained by a comparison of the mean values of the same coefficient.

The stratigraphical differentiation is expressed in the assemblage of heavy minerals in boulder clays mainly in the form of an increase in non-resistant minerals in the younger and younger boulder clays, and of a simultaneous decrease in the frequency of glauconite and transparent minerals. These regularities may be observed to occur in the general scheme when this is made for the entire area in study. In the individual sections, however, some different tendencies may be seen, this being an evidence of a regional variation of the heavy mineral assemblage in the boulder clays. All the above quantitative changes in the assemblage of heavy minerals are closely related to those in the character of grain size of the boulder clays considered.