

## TYPOMORFICZNE ZNACZENIE UZIARNIENIA MINERAŁÓW ILASTYCH

UKD 549.623.9.01:548.5:552.5:552.123

Zadaniem współczesnej mineralogii, obok badania struktury i własności minerałów, jest wyjaśnianie prawideł rządzących procesami chemicznymi zachodzącymi w skorupie ziemskiej, które prowadzą do powstania minerałów i ich paragenez. Na znaczenie tego kierunku zwraca uwagę m. in. Wiernadskij (6), określając go mianem mineralogii genetycznej.

Poznanie zjawisk przebiegających w skorupie ziemskiej ułatwiają te minerały, które mogą spełniać rolę indykatorów środowiska oraz kierunku rozwoju procesów mineralotwórczych. Fersman nazwał je minerałami typomorficznymi. Cechy typomorficzne minerałów mogą objawiać się w zmianie składu chemicznego, barwy, morfologii, struktury oraz niektórych własności fizycznych, jak np.: potencjał termoelektryczny (2) zależnie od środowiska.

Dobrymi indykatorami procesów egzogenicznych okazują się minerały ilaste, których struktura i skład chemiczny są szczególnie wrażliwe na wpływ środowiska. Wyniki systematycznych badań składu ziarnowego skał ilastych (4, 5) uzasadniają przypuszczenie, że również ich uziarnienie może być wykorzystane jako ważna cecha typomorficzna. Wielkość ziarn minerałów określona jest warunkami, w jakich doszło do ich powstania oraz charakterem procesów, jakim podlegały w okresie istnienia. Wiadomo, że spośród minerałów powstających w warunkach hipergenicznych niektóre zdolne są wytwarzać kryształy osiągające rozmiary rzędu kilku metrów (np. gips), gdy inne natomiast spotyka się zwykle w postaci drobnych ziarn trudno rozróżnialnych okiem nieuzbrojonych (anhydryt, dolomit itp.); rzadko osiągają one rozmiary pokażniejsze. Niektóre znów występują wyłącznie w formie drobnoziarnistej. Ich kryształy nawet przy najbardziej sprzyjających warunkach nie osiągają takich rozmiarów, jakie z łatwością przybierają osobniki krystaliczne innych substancji.

Na ogół połączenia o prostym składzie chemicznym i strukturze wysokosymetrycznej łatwiej tworzą duże osobniki krystaliczne. Struktury złożone pod względem budowy, jak i liczby tworzących je elementów są zwykle zdolne wytwarzać tylko kryształy o małych rozmiarach. W niektórych przypadkach rozmieszczenie elementów sieci przestrzennej (atomów, jonów) jest tego rodzaju, że w pewnych kierunkach występują naprężenia uniemożliwiające istnienie większych kryształów. Naprężenia te mogą powstać także wskutek defektów sieciowych, a zwłaszcza podstawień izomorficznych. Z tego względu skomplikowane struktury minerałów ilastych z licznymi podstawieniami izomorficznymi i naprężeniami spowodowanymi niedopasowaniem odległości między jonami  $O^{2-}$  lub  $OH^-$  w warstwach: oktaedrycznej lub tetraedrycznej, składających się na poszczególne pakiety, nie są zdolne do wytworzenia kryształów o większych rozmiarach.

Zwykle występują one w formie drobnoziarnistej, tworząc kryształy o wielkości rzędu mikronów (kaolinit, dickit) lub ułamków mikrona (montmorylonit), a tylko w rzadkich przypadkach osiągają rozmiary rzędu milimetrów (kaolinit, dickit). Obserwuje się

także powstawanie kryształów o zdeformowanym kształcie (osobniki rurkowe halozytu i chryzotyłu). W niektórych strukturach naprężenia są tak wielkie, że mogą być wytworzone tylko w warunkach laboratoryjnych, nie powstają natomiast samorzutnie w przyrodzie. Gdy naprężenia osiągną jeszcze większe wielkości, struktury nie tworzą się ani w warunkach sztucznych ani naturalnych.

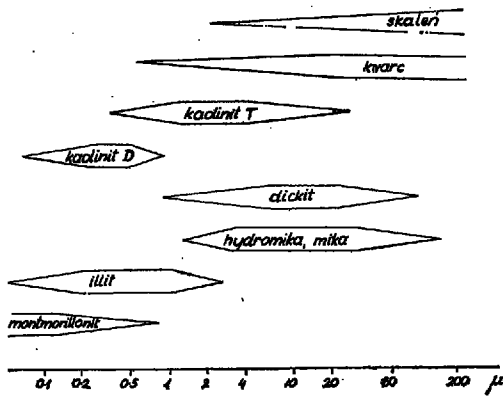
Rozkład wielkości ziarn w skałach ilastych jest uwarunkowany ich składem mineralnym oraz warunkami powstawania. Transport sedymentu zwykle działa tylko sortująco i może spowodować obcięcie krzywej składu ziarnowego przez wyeliminowanie jednej z gruboziarnistych klas ziarnowych. Wskutek nieefektywności abrazji w strumieniu wody w stosunku do ziarn mniejszych od 1 — 2 mm (1) materiał drobnoziarnisty nie ulega dezintegracji w czasie transportu. Transport wpływa więc mało na rozkład wielkości ziarn minerałów ilastych, stąd ich uziarnienie może być ważną cechą, która obok składu mineralnego odzwierciedla warunki powstawania osadu i zaszele w nim zmiany diagenetyczne.

Rozkład wielkości ziarn w skałach ilastych ma zwykle skomplikowany charakter, co znajduje odzwierciedlenie w złożonym kształcie krzywych składu ziarnowego. Zagadnienie właściwej interpretacji rozkładu wielkości ziarn w skałach ilastych nie stało się dotychczas przedmiotem głębszych studiów, dotychczasowe zainteresowania koncentrowały się głównie na skałach gruboziarnistych (piaski, żwirny).

Wyniki badań rozkładu wielkości ziarn w okolo stu plastycznych skałach ilastych (gliny, kaoliny, lessy i gleby) wykazały, że minerały występujące w nich na ogół wykazują charakterystyczne przedziały uziarnień (ryc. 1). Kwarc grupuje się w klasach ziarnowych grubszych od  $10\mu^*$ , a jego zawartość szybko maleje ze zmniejszaniem się wielkości ziarn. Poniżej  $0,5\mu$  kwarc praktycznie nie występuje. Często daje się wyróżnić dwie odrębne populacje ziarn kwarcu o różnym stopniu obtoczenia. Jedną, zwykle drobniejszą od  $20\mu$ , złożoną z ziarn ostrokrawędzistych i drugą o ziarnach grubszych od  $20\mu$  i lepiej obtoczonych.

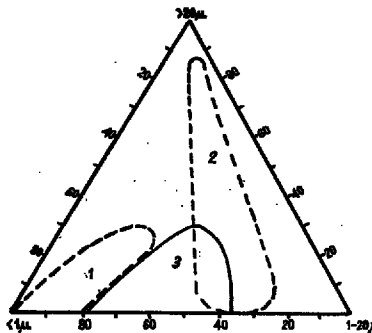
Kaolinit o prawidłowo wykształconej strukturze występuje najczęściej w zakresie  $0,5-20\mu$ . Najbardziej charakterystyczny dla niego jest zakres  $1-10\mu$ , aczkolwiek w niektórych przypadkach można spotkać płytki o średnicy 1 mm. Kaolinit D gromadzi się zasadniczo w zakresie  $<1\mu$ . Za dolną granicę uziarnienia kaolinitu można praktycznie przyjąć  $0,1\mu$ . Dickit występuje wyłącznie w klasach ziarnowych  $>1\mu$ . Illit koncentruje się w zakresie  $1-0,1\mu$ , a poniżej  $0,1\mu$  jego zawartość szybko się zmniejsza. Powyżej  $1\mu$  występują minerały grupy mik o strukturze i składzie bardziej zbliżonym do mik właściwych.

\* Podane tu wartości dotyczą średnic zastępczych wyznaczonych metodami sedimentacyjnymi.



Ryc. 1. Charakterystyczne przedziały wielkości ziarn niektórych minerałów ilastych.

Fig. 1. Characteristic grain size ranges of some clay minerals.



Ryc. 3. Trójkąt składu ziarnowego skał ilastych.

1 — obszar łódzki miocenijskich okolic Strzegomia, 2 — obszar łódzki i częstochowski, 3 — obszar łódzki i bolesławiecki kredowych niecki bolesławieckiej.

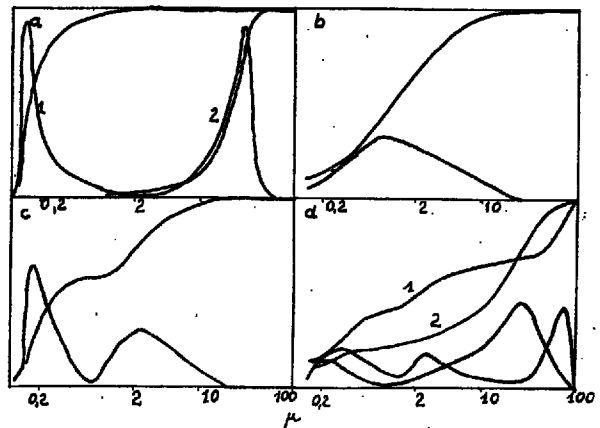
Fig. 3. Triangle of grain composition of clay rocks.

1 — area of Miocene clays in the Strzegom vicinity, 2 — area of Liassic clays in the regions of Opoczno, Krzeszowice and Częstochowa, 3 — area of Cretaceous clays of the Bolesławiec trough.

Blaszki miki jasnej z klas ziarnowych grubszych od  $1\mu$  wykazują zwykle znaczny stopień kaolinityzacji, a błoty chlorytyzacji. W rezydualnych kaolinitach w zakresie  $60\mu$  wyraźnie wyodrębnia się populacja mik pierwotnych stanowiących pozostałość po skałach macierzystych. Da się ją również dostrzec w niektórych glinach. Na ogół wraz z rozdrobnieniem zwiększa się stopień nieuporządkowania we wzajemnym usytuowaniu pakietów w strukturze mik. Montmorillonit koncentruje się w frakcji  $<0,2\mu$ . Minerale ilaste o strukturze nieuporządkowanej gromadzą się głównie w drobnoziarnistych klasach ziarnowych. Im wyższy stopień organizacji struktury tym większe ziarna może tworzyć minerał. Minerale ilaste mają również dolną granicę uziarnienia, poniżej której spotyka się je rzadko, zwykle jest nią  $0,05\mu$ .

Diagenaza osadów zachodząca w warunkach podwyższonych ciśnień i temperatury oraz działania roztworów porowych zmienia wielkość ziarn i może sprawić, że podane przedziały uziarnień, które są charakterystyczne dla minerałów powstałych w warunkach wietrzennych, mogą ulec przesunięciu w górę.

W celu przeanalizowania rozkładu wielkości ziarn minerałów ilastych w skałach ilastych, spośród badanych próbek wybrano takie, w których zawartość kwarcu i innych minerałów detrytycznych nie przekracza 10%; ich skład ziarnowy jest więc praktycznie



Ryc. 2. Typy rozkładu uziarnienia minerałów ilastych.

Fig. 2. Types of distribution of clay mineral granulation.

składem ziarnowym substancji ilastej. Analiza tych próbek wykazała, że istnieje kilka wariantów rozkładu uziarnienia minerałów ilastych (ryc. 2), które można scharakteryzować następująco:

1. Rozkład zbliżony do normalnego, o małej dyspersji (ryc. a). Takie uziarnienie jest charakterystyczne dla substancji o prostym składzie, zawierającej jeden lub dwa minerały ilaste. Może ono świadczyć, że minerały te powstały w wyniku jednego procesu, w ściśle określonych warunkach fizykochemicznych (krystalizacja z roztworów hydrotermalnych, transformacja illitu w kaolinit w kwaśnym środowisku wodnym, tworzenie się kaolinitu bezpośrednio ze skaleni itp.).

2. Wielkość ziarn minerałów ilastych zmienia się w szerokim przedziale, przy czym ich rozkład pozostaje zbliżony do normalnego (ryc. b). Uziarnienie takie jest charakterystyczne dla kaolinitów pierwotnych i niektórych glin ogniotrwałych. Jest ono wskazówką, że minerały ilaste tworzyły się w wyniku wielu nakładających się procesów, jak: jednoczesne wietrzenie kilku rodzajów minerałów pierwotnych (miki, skaleni i in.), naniesienie do basenu sedymentacyjnego minerałów ilastych (np. kaolinitu) rozmaitego pochodzenia.

3. Krzywa kumulacyjna, o wyraźnie dwustopniowym przebiegu (rozkład bimodalny), wskazuje na istnienie dwu odrębnych populacji ziarn, różniących się składem mineralnym lub złożonych z tych samych minerałów, lecz powstałych w różny sposób lub w odmiennych warunkach (ryc. c). Często takie odrębne populacje tworzą w glinach kaolinit D i kaolinit T oraz miki pierwotne i wtórne.

4. Ryc. d przedstawia krzywą składu ziarnowego skały, zawierającej oprócz minerałów ilastych detrytyczny kwarc. Daje on dodatkowy stopień powyżej  $10\mu$ , a niekiedy  $20-60\mu$ , który jest szczególnie wyraźny w przypadku łódzkiej piaszczystych, gleb i lessów.

Skały ilaste, zawierające kwarc i inne minerały detrytyczne charakteryzują się dwu lub trimodalnym rozkładem wielkości ziarn. Rozkład bimodalny wykazuje drobnoziarniste skały ilaste (kaolinitowe i gliny kaolinitowe i kaoliny pierwotne) wykazują często rozkład o trzech modach. Jedną populację ( $>20\mu$ ) tworzy kwarc, drugą w zakresie  $1-20\mu$  gruboziarniste minerały ilaste (kaolinit, dickit, miki), a trzecią — poniżej  $1\mu$  — drobnoziarniste minerały ilaste (kaolinit D, illit, montmorillonit).

Porównując rozkład wielkości ziarn w obrębie populacji drobniejszych od  $1\mu$  w różnych skałach ila-

stych zarówno o charakterze bimodalnym, jak i trimodalnym, pierwotnych (kaoliny) i wtórnych (gliny, ility) zauważono, że nosi on zawsze ten sam charakter. Populacje te cechują się rozkładem normalnym o bardzo małej dyspersji i wykazują zbliżone wartości modalne średnic ziarnowych. Wyjaśnienie przyczyny tej prawidłowości wymaga dokładniejszych badań.

Pomiędzy wymienionymi populacjami istnieją zwykle wyraźne granice, uzewnętrzniające się deficytem niektórych klas ziarnowych, analogicznie do granic między żwirem, piaskiem a łem — w grubych osadach klastycznych wykazanych m. in. przez Spencera (3). Granice populacji w skałach ilastych pokrywają się dość dobrze z przedziałami klasowymi Atterberga, określanymi jako piasek drobnoziarnisty ( $200 - 20 \mu$ ), muł ( $20 - 2 \mu$ ), ił ( $< 2 \mu$ ). Potwierdza to trafność wyboru przedziałów i aktualność tej klasyfikacji w odniesieniu do skał ilastych.

Wyodrębnienie w skałach ilastych trzech populacji ziarn ( $> 20 \mu$ ,  $20 - 1 \mu$  i  $< 1$ ) nasuwa wniosek, że ich zawartość stanowi dobrą charakterystykę uziarnienia skał ilastych. Można je wykorzystać do graficznego przedstawienia składu ziarnowego na wykresie trójkątnym, którego wierzchołki odpowiadają trzem wymienionym populacjom (ryc. 3). Skały ilaste o zbliżonym składzie mineralnym wyznaczają na takim diagramie różne obszary zależnie od warunków powstawania (4). Diagram taki może być pomocny niekiedy przy korelacji stratygraficznej (loc. cit.).

#### SUMMARY

Granulation of clay minerals in sedimentary rocks is an important typomorphic feature. The paper presents a relation between the shape of grain distribution curves of clay minerals in clay rocks, and conditions of their formation. There are also given characteristic grain size ranges, in which the individual clay minerals are grouped.

Wszystkie dane, jakimi dotychczas dysponujemy potwierdzają ściśle związki pomiędzy uziarnieniem a warunkami tworzenia się skał ilastych. Uziarnienie minerałów ilastych jest ważną cechą typomorficzną, której użyteczność będzie się niewątpliwie zwiększać w miarę, jak pogłębia się nasza znajomość tych zagadnień.

#### LITERATURA

1. Kuenen H. — Experimental abrasion fluvialite action on sand. *Am. Jour. of Sci.* 1959.
2. Rożkova E. W., Gorbatow G. H. — K woprosu o tipomorfizmie minerałow. *Fizikochemičeskie metody issledowanija minerałow i osadocnych porod.* Izd. "Nauka". Moskwa 1966.
3. Spencer D. W. — The interpretation of grain size distribution curves of clastic sediments. *J. Sed. Petrolog.*, 1963, nr 33.
4. Stoch L. — Gliny ceramiczne i ogniotrwałe w świetle badań mineralogicznych, *Prz. geol.*, 1964, nr 5.
5. Stoch L., Sikora W. S. — A study of grain size distribution of clay minerals in soils and clays. *Roczniki gleb.*, 19, (dodatek) 1968.
6. Wiernadskij W. I. — Izbrannye soczinenija, Izd. AN SSSR, t. IV, 1959.

#### РЕЗЮМЕ

Гранулометрический характер глинистых минералов в осадочных породах является важным типоморфным признаком. В статье рассматриваются зависимости вида кривых распределения зерен глинистых минералов в породах от условий их образования. Приведены характерные классы величин зерен, в которых группируются отдельные глинистые минералы.