

## ELEKTRONOWY MIKROSKOP ANALIZUJĄCY (EMA) W INŻYNIERSKO-GEOLOGICZNYCH BADANIACH GRUNTÓW SPOISTYCH

UKD 624.131.22:624.131.43:620.187

Prowadzone od wielu lat w Instytucie Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego inżyniersko-geologiczne badania różnych typów gruntów spoistych na tle ich genezy, pozycji stratygraficznej oraz litologii doprowadziły do zgromadzenia bogatego materiału, pozwalającego wyjaśniać przyczyny ogromnej zmienności ich własności fizyczno-mechanicznych.

Pełna jednak analiza pozwalająca ustalić istniejące prawidłowości w zakresie tych zmienności staje się możliwa dzięki poznaniu rzeczywistej struktury gruntów. To ostatnie zagadnienie mogło być rozwiązane w wyniku badań emisyjnych w elektronowym mikroskopie analizującym (EMA). Mikroskop ten w literaturze anglosaskiej „scanning electron microscope”, w literaturze francuskiej „le microscope électronique a balayage”, jest aparatem pozwalającym obserwować i fotografować powierzchnię strukturalną różnych substancji i materiałów, w tym oczywiście i gruntów. Badania takie prowadzone są na świecie na szerszą skalę od niewielu lat, przy czym szczególnie zainteresowanie tą problematyką obserwuje się w ciągu ostatnich kilku lat (1, 2, 6, 10, 11, 13 i in.).

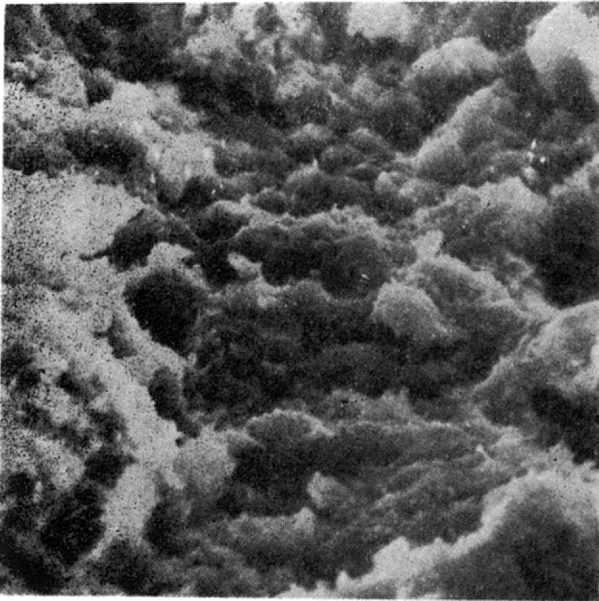
W Polsce badania te są w stadium początkowym, co spowodowane jest faktem, iż pierwszy EMA zakupiony został dopiero w końcu 1967 r. przez Instytut Technologii Elektronowej PAN, a uruchomiony na początku 1968 r. Dwa kolejne EMA zakupione zostały w latach późniejszych.

Prezentowane w niniejszym artykule zdjęcia struktur gruntów spoistych zostały wykonane za pomocą mikroskopu „Stereoscan III” firmy Cambridge przez mgr T. Łażewskiego w Laboratorium Mikroskopii Elektronowej, kierowanym przez dr Z. Jelonka, w Instytucie Technologii Elektronowej przy Centrum Półprzewodników.

Niniejszy artykuł jest zapowiedzią następnej obszerniejszej publikacji (przygotowywanej do druku), która dotyczyć będzie struktur różnych genetycznych typów gruntów trzeciorzędowych i czwartorzędowych w oparciu o badania wykonane za pomocą EMA.

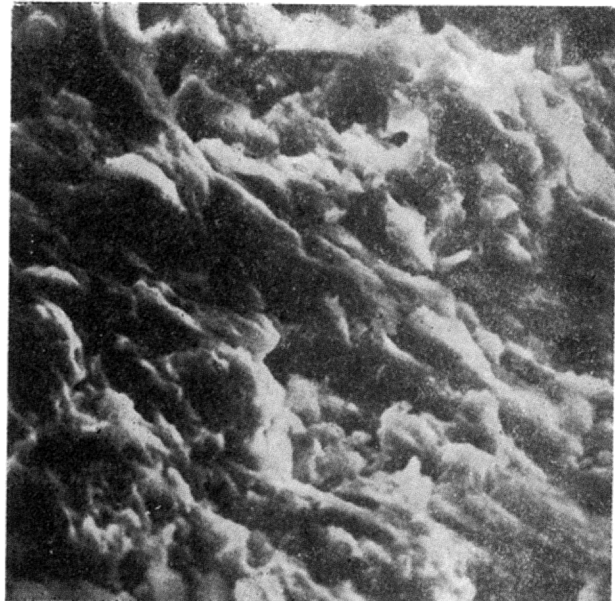
Przydatność tej metodyki badawczej w inżyniersko-geologicznych badaniach gruntów jest bardzo duża.

Próbka badana w EMA ma absolutnie nienaruszoną strukturę żadną wstępną preparatyką, poza suszeniem jej w próżni oraz napyłaniem metalem (najczęściej złotem). Obserwuje się więc powierzchnię naturalnego przełamu w dowolnie obranej płaszczyźnie. Zakres powiększeń możliwych do osiągnięcia mieści się w przedziale od 20 do 20 000 razy, przy maksymalnej zdolności rozdzielczej w badaniach emisyjnych 150—250 Å. Głębina ostrości zmienia się w zależności od warunków pracy i jest około 300-krotnie większa niż mikroskopu optycznego. Użyteczna powierzchnia ekranu monitora obserwacyjnego i fotograficznego wynosi 100 × 100 mm. Maksymalne wymiary próbki, przy których zachowana zostaje pełna



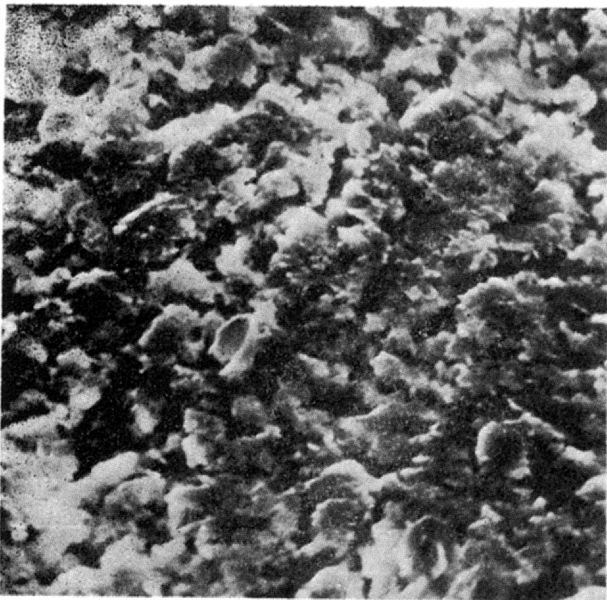
Ryc. 1. Bentonit z Radzionkowa, pow. 2000 X.

Fig. 1. Bentonite from Radzionków, enl. X 2000.



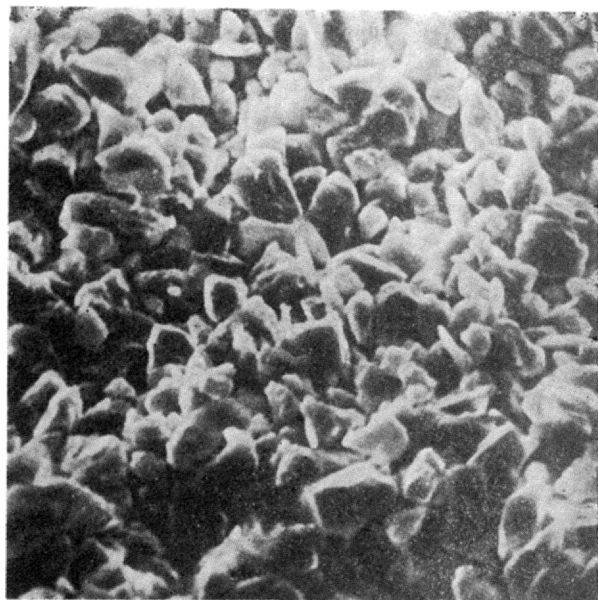
Ryc. 2. Bentonit z Machowa, pow. 2000 X.

Fig. 2. Bentonite from Machów, enl. X 2000.



Ryc. 3. Il warwowy z Mochty (warstwa ciemna), pow. 2000 X.

Fig. 3. Varved clay from Mochty (ark layer), enl. X 2000.



Ryc. 4. Il warwowy z Mochty (warstwa jasna), pow. 2000 X.

Fig. 4. Varved clay from Mochty (light layer), enl. X 2000.

możliwość przesuwów mechanicznych wynoszą: średnica 12 mm, grubość 3 mm. Poza tym istnieją możliwości badania próbek o większych wymiarach, jednak z ograniczeniem możliwości przesuwów.

W EMA, dzięki możliwości uzyskiwania dużej głębi ostrości oraz ustawienia próbki w dowolnym położeniu względem analizującego strumienia elektronów, mogą być wykonywane zdjęcia stereoskopowe badanej powierzchni.

Szczegółowe opisy dotyczące z kolei zasad działania, konstrukcji oraz obsługi EMA, opisane zostały w licznych już w tej chwili publikacjach (4, 5, 8, 9, 12).

Badania struktur gruntów metodą EMA mają dla geologii inżynierskiej o tyle duże znaczenie, że po-

zwalają obserwować struktury zarówno gruntów niezdiagnozowanych, jak i gruntów, w których stopień diagenetyzacji w warunkach naturalnych bądź sztucznych jest różny. Pozwalają wreszcie przejść od teoretycznych typów struktur gruntów spoiwych do realnie istniejących modeli. Wiele więc przyjętych i stosowanych do dziś założeń dotyczących przestrzennego układu cząstek w gruntach i ich wpływu zarówno na własności fizyczne, jak i mechaniczne, będzie musiało ulec zmianie.

Przykładowo przedstawione na ryc. 1—4 analizowane powierzchnie strukturalne reprezentują różne grunty. Pełną charakterystykę litologiczną gruntów bentonitowych z Radzionkowa (ryc. 1) oraz gruntów bentonitowych z Machowa (ryc. 2) przedstawia praca

autorki (3), natomiast ilów warwowych z Mocht (ryc. 3, 4) praca E. Myślińskiej (4).

Analizując powierzchnię strukturalną bentonitu z Radzionkowa serii 1, składającego się głównie z montmorylonitu sodowego z domieszką illitu i kaolinu, należy podkreślić, iż na zdjęciach obserwuje się orientację cząstek piaszczyzna—piaszczyna, co daje obraz gęstego — równoległego ułożenia cząstek. Taki układ cząstek obserwuje się również na zdjęciach ujętych obraz powiększony  $\times 5000$ . Spora część obserwowane są również pojedyncze pory, co wyjaśnia fakt ogólnie niskiej porowatości tych gruntów. Obraz dzisiejszej struktury gruntów bentonitowych z Radzionkowa jest wynikiem mocno zaawansowanej reorientacji cząstek na skutek ciężaru nadległych warstw. Pierwotny bowiem obraz struktury gruntów montmorylonitowych sodowych, których sedimentacja związana była z flokulacją niesolną, niewątpliwie musiał mieć orientację zbliżoną do orientacji cząstek piaszczyzna—krawędź. Dzisiejsza struktura badanego gruntu bentonitowego z Radzionkowa świadczy o tym, że mamy tu do czynienia z klasycznym przykładem gruntu o wtórnie ukształtowanych cechach anizotropowych.

Przedstawiony bentonit z Machowa składający się w obrębie frakcji ilowej głównie z montmorylonitu wapniowego ze znacznymi domieszkami illitów, kaolinu, zmontmorylonityzowanego haloizytu oraz saponitu? i wermikulitu? wykazuje strukturę typu pierścieniowego, wśród której stwierdza się przeważający układ cząstek piaszczyzna—piaszczyna oraz w mniejszym stopniu flokulacji niesolnej. Należy podkreślić, że ten typ układu cząstek wskazywałby na sedimentację typu flokulacji niesolnej, dla której charakterystyczny rodzaj układu cząstek uległ zaburzeniu oraz równoległemu — pasowemu ułożeniu niewątpliwie na skutek przemieszczeń nadległego kompleksu ilołupków po piaszczynach wkładek bentonitowych.

Przedstawione zdjęcia powierzchni strukturalnej ilów warwowych z Mocht wskazują na ogromne zróżnicowanie pod względem charakteru budujących je cząstek. Ryc. 3, będąca obrazem warstwy ciemnej, reprezentowanej głównie przez illity, jak to również wynika i ze zdjęć powiększonych  $\times 5000$ , które będą zamieszczone w następnej pracy, daje obraz wskazujący na znaczną porowatość (rzędu 40—50%) z jednej strony ze względu na przeważający układ cząstek piaszczyzna—krawędź, z drugiej zaś ze względu na łączenie się cząstek o tej orientacji w większe zespoły, co daje obraz flokulantów. Niewielka również zawartość  $\text{CaCO}_3$ , rzędu kilku procent, jak i brak nadkładu nie doprowadziły w tym przypadku do wtórnego scementowania i skompromowania tych ilów.

Odmienne typy układu cząstek obserwuje się w warstwach jasnych ilów warwowych. Tutaj ilościowo dominujące są cząstki kwarcu, które ze względu na

swą strukturę oraz rozmiary, sedymentując w zbiorniku układają się przeważnie dłuższymi osiami równoległe do stropu — spągu. Zbliżony do równoległego w stosunku do stropu—spągu układ cząstek zarówno w warstwach jasnych, jak i ciemnych, dobrze wyjaśnia przyczyny tak znacznej — pierwotnej anizotropii ilów warwowych.

## LITERATURA

1. Gardner G. A., Cahn R. W. — The use of a scanning electron microscope to examine whisker growth on an iron-aluminum alloy. Journ. Materials Sci., vol. 1, 1966.
2. Gillof J. E. — Study of the Fabric of Fine-Grained Sediments with the Scanning Electron Microscope. Journ. of Sed. Petr., vol. 39, nr 1, 1969.
3. Grabowska-Olszewska B. — Wpływ własności sorpcyjnych wybranych typów gruntów spoistych na ich hydrofilność. Biul. geol. UW, t. 10, 1968.
4. Jelonek Z., Kuczyński J., Łażewski T. — Elektronowy mikroskop analizujący (EMA). Pr. Inst. Techn. Elektr. PAN, nr 41, 1969.
5. Mac Aree E. — Le Stéréoscan, premier microscope électronique a'balayage. Journ. de Microscopie, vol. 7, nr 5, 1968.
6. Mackintosh I. M. — Applications of the Scanning Electron Microscope to Solid-State Devices. Inst. Electrical and Electronics Engrs. Proc. vol. 53, 1965.
7. Myślińska E. — Wpływ warunków sedimentacji i diagenety ilów warwowych złodowienia środkowo-polskiego na obszarze Mazowsza na ich własności inżyniersko-geologiczne. Biul. geol. UW, t. 7, 1965.
8. Oatley C. W., Nixon W. C., Pease R. F. — Scanning Electron Microscopy. Advan. Electronic and Electron Physics, vol. 21, 1965.
9. Pease R. F., Nixon W. C. — High Resolution Scanning Electron Microscopy. Journ. Sci. Instr., vol. 42, 1965.
10. Philiber T. — La microscopie électronique a'balayage et ses applications métallurgiques. Revue de physique appliquée, vol. 3, nr 4, 1968.
11. Soyer J. — Aspects de surface de sables quartzux au microscope électronique a'balayage. Annales de la Société Géologique de Belgique, t. 92, fasc. II, 1969.
12. Thornton P. R. — Scanning Electron Microscopy. London, 1968.
13. Warren C. L., Grossman R. B. — Observations of Certain Soil Fabrics with the Scanning Electron Microscope. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc., vol. 34, nr. 4, 1970.

## SUMMARY

The present paper presents results of the studies on the structure of cohesive soils carried out by the use of scanning electron microscope. The types and structure of the soils show that the sediments were deposited in brackish environment which resulted in the predominance of face-to-edge orientation of particles. However, the later diagenesis brought about reorientation of the particles of bentonites from Radzionków and Machów. The original pattern of the particles is preserved only in varved clays from Mochty.

## РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты исследования структур плотных грунтов с помощью электронного анализирующего микроскопа. Все исследованные типы грунтов и их структуры указывают на то, что осадок накоплялся в пресноводной среде и ориентировка частиц как правило была параллельна плоскости грани. Вследствие диagenеза в бентонитах районов Радзёнкув и Махув ориентировка этих частиц была изменена. Первичное расположение частиц сохранилось лишь в ленточных глинах района Мохты.