

NOWE METODY BADANIA I MELIORACJI GRUNTÓW SPOISTYCH

UKD [524.131.22:624.131.412]:624.131.37+626.2:631.4

Wychodząc od pojęcia „grunt”, pod którym w geologii inżynierskiej rozumie się, że jest to podłoże dzieła sztuki inżynierskiej — budowli, należałoby oczekiwać, iż badania obejmujące grunty traktowane jako materiał analityczny powinny swym zakresem dotyczyć problematyki bezpośrednio związanej z ich oceną jako podłoża budowlanego.

Gdyby w badaniach gruntów wystarczyła sama ocena podłoża budowlanego dająca materiał konstruktorom, wówczas wykonanie podstawowych badań fizyczno-mechanicznych własności gruntów w oparciu o normy budowlane lub inne mogłoby być wystarczające. Nowoczesne jednak gruntoznawstwo jako nauka zajmująca się badaniem zjawisk fizyko-chemicznych zachodzących w gruntach pod wpływem różnych czynników naturalnych (przyrodniczych), jak i sztucznych (wywołanych działalnością człowieka) musi oczywiście oprzeć się i wykorzystać istniejące i wypracowane od strony zarówno teoretycznej, jak i praktycznej metody stosowane w naukach geologicznych, chemicznych, fizycznych, gleboznawczych i innych.

Badanie i znajomość tych zjawisk ma zresztą poważne znaczenie nie tylko dla samego gruntoznawstwa, ale również dla opracowania teorii prognoz inżyniersko-geologicznych dla mechaniki gruntów, a ponadto dla hydrogeologii, geofizyki, sedimentologii i innych.

Wachlarz więc zagadnień jest odpowiednio szeroki i szeroka zatem jest tematyka badawcza nowoczesnego gruntoznawstwa. W największym skrócie możnaby w następujący sposób sprecyzować główne problemy badawcze, których rozwiązanie ma podstawowe znaczenie dla zrozumienia praw rządzących powstawaniem określonego typu gruntu (utworu, sedimentu) i wynikających stąd jego własności:

1. Warunki sedimentacji gruntu: środowisko wodne, lądowe oraz strefy sedimentacji (centralne bądź peryferyczne partie zbiorników). W przypadku sedimentacji rzecznej (korytowe lub brzeżne), przy sedimentacji lądowej (obszary wysoczyzn lub zboczy).

2. Rodzaj sedimentowanego osadu, jego skład petrograficzny, mineralny, chemiczny.

3. Pierwotny oraz wtórny chemizm środowiska, w którym sedimentował osad doprowadzający do powstania określonych cech fizyko-chemicznych cząstek szkieletu mineralnego, jak i towarzyszących zjawisk zachodzących na ich powierzchni i wpływających na ukształtowanie się danych własności gruntów.

4. Rodzaj struktury i tekstury (pierwotnej) jako wypadkowa powyższych czynników.

5. Wpływ czynników posedimentacyjnych, kształtujących ostateczny obraz własności gruntów.

Rozwiązanie tych zagadnień o kapitalnym znaczeniu teoretyczno-poznawczym może iść wieloma drogami, w zależności od przyjętej i opracowanej koncepcji badawczej. Prezentując doświadczenia i osiągnięcia Zespołu Badań Gruntów i ich Melioracji Instytutu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Wydziału Geologii UW należy omówić tematykę badawczą i stosowane metody niezbędne dla rozwiązania problemu, który ogólnie można następująco sformułować: „analiza zjawisk fizyko-chemicznych zachodzących na powierzchni cząstek szkieletu mine-

ralnego pod wpływem oddziaływania wód o różnym chemizmie oraz określonych związków chemicznych i wpływ tych zjawisk na hydrofilność, strukturę gruntów oraz dobór metod dla ich melioracji”.

Metody badawcze stosowane przy realizacji powyższego problemu są metodami niewątpliwie nowoczesnymi, co nie zawsze można utożsamiać z pojęciem „nowe metody”. Mają one bowiem najczęściej długą tradycję, niejednokrotnie sięgającą wiele dziesiątków lat wstecz, jak chociażby metody rentgenowskie, metody badające zjawiska elektrokinetyczne, termiczne i inne, które opierają się dzisiaj o nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne aparatury i udoskonaloną zatem technikę badawczą. Wprowadzenie ich jednak do gruntoznawstwa uprawianego na Wydziale Geologii UW jest sprawą ostatnich lat i dzięki nim analiza zjawisk przyrodniczych kształtujących ostateczny obraz gruntu może być oparta na jednoznacznych ilościowych parametrach i jakościowych danych, co daje podstawę do nowoczesnej interpretacji własności tych gruntów.

W tej zresztą mierze, z całą odpowiedzialnością należy stwierdzić, iż kierunek badań gruntów realizowany na Wydziale Geologii UW, przy niewątpliwych brakach w zakresie wyposażenia aparaturowego i technicznego, utrzymuje się na poziomie badań gruntów prowadzonych w nowoczesnych ośrodkach badawczych, do jakich niewątpliwie należą: Katedra Gruntoznawstwa i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Moskiewskiego im. Łomonosowa, instytuty geotechniczne w Oslo i Sztokholmie, instytuty badawcze Paryża oraz uniwersytety i instytuty Cambridge i Londynu.

Metodami stosowanymi przez nas, które można by określić jako nowoczesne są:

1. Badania elektronomikroskopowe i rentgenostrukturalne minerałów ilastych.

2. Badania powierzchni właściwej metodą desorpcji glikolu etylenowego oraz adsorpcji orto-fenantroliny.

3. Badanie ciepła zwilżania metodą kalorymetryczną.

4. Badanie wód porowych (słabo związanych) wydzielanych metodą wysokich ciśnień.

5. Badanie zjawisk elektrokinetycznych zachodzących w podwójnej warstwie elektrycznej metodą pomiarów potencjału przepływu.

6. Badanie struktur gruntów i skał przy użyciu elektronowego mikroskopu analizującego („scanning”).

Ponieważ każda z tych metod opiera się na innych założeniach teoretycznych i pozwala zbadać pewien wydzielony zakres zjawisk zachodzących w gruntach, stąd celowe będzie przedstawienie głównych zasad każdej z metod, przy czym należy zwrócić uwagę na fakt, iż pełna interpretacja własności gruntów i zmian, jakim one ulegały bądź ulegają wymaga stosowania kompleksowych metod badawczych.

1. Badania elektronomikroskopowe i rentgenostrukturalne minerałów ilastych.

Zastosowanie mikroskopii elektronowej oraz metod rentgenostrukturalnych do badań składu mineralnego ma, jak już wspomniano, bardzo bogatą tradycję. Wykorzystanie jednak tych metod do badań gruntów, jest w Polsce sprawą kilkunastu lat, przy czym śledząc literaturę z zakresu tematyki gruntoznawczej, inżyniersko-geologicznej oraz geotechnicz-

nej dochodzi się do wniosku, iż badania te na największą w Polsce skalę prowadzone są na Wydziale Geologii UW w Zespole Badań Gruntów i ich Melioracji. Oczywiście badanie składu mineralnego w oparciu o metodę elektronomikroskopową i rentgenostrukturalną ma charakter podstawowy. Wykorzystanie jednak tych metod może być wielorakie i to znacznie szersze w stosunku do badań tradycyjnych. Do takich bowiem należą:

- badanie wielkości cząstek bądź ich zespołów w gruntach naturalnych oraz zmienionych pod wpływem nieorganicznych związków nasycających te grunty;
- badanie grubości oraz szczegółowej morfologii cząstek;
- badanie przemian strukturalnych cząstek minerałów ilastych pod wpływem nieorganicznych i organicznych związków nasycających te grunty.

Pierwsza i druga grupa badań, z których wynikało, że minerały ilaste charakteryzujące się różnym kompleksem sorpcyjnym występują w gruntach, w zespołach cząstek różnej wielkości, doprowadziła do stwierdzenia, iż ogólnie przyjęty i obowiązujący w Polsce podział gruntów na poszczególne frakcje¹ jest sztuczny, a w każdym bądź razie nieodzwierciedlający heteropolidispersyjności gruntów. Okazuje się bowiem, iż absolutna przewaga polskich gruntów spoiстых przesyconych związkami wapnia, zawsze wykazuje zaniżoną zawartość ilości frakcji ilowej w stosunku do rzeczywistej procentowej ilości minerałów ilastych budujących te grunty. W rzeczywistości więc frakcja pyłowa, jako ta, która w zasadzie pod względem mineralnym powinna być zbudowana głównie z kwarcu, zawiera dość dużą ilość agregatów o wielkości powyżej 2 μm , zbudowanych z minerałów ilastych.

Metodą tą potwierdzono również, że illity mają schodkowo piramidalny kształt cząstek, co ma zasadniczy wpływ na rodzaj struktury gruntów illitowych. Do badań tych jak wiadomo stosowany jest mikroskop elektronowy prześwietleniowy, w naszym przypadku firmy TESLA, na którym pełen cykl badań wykonuje mgr Andrzej Zboiński.

Trzecia grupa metod opierająca się o badania rentgenostrukturalne prowadzone przez mgr Krystynę Kuleszę-Wiewiórę pozwala badać proces pęcznienia wewnątrzkrystalicznego takich minerałów ilastych jak montmorylonit oraz kaolinit. Ekspandowanie kaolinitu uważanego do 1960 r. za minerał niepęczniący zapoczątkował Weiss i Wada. Kontynuowanie tych badań doprowadziło do uzyskania wielu kompleksów organiczno-kaolinitowych, wśród których można wymienić octan potasu, mocznik i hydrazynę. Okazało się bowiem, iż pod wpływem octanu potasu wartość $d_{(001)}$ rośnie od 7,15 Å do 14,1 Å, gdy kompleks bezwodny charakteryzuje się wartością $d_{(001)}$ 11,5 Å. Wyniki te mają oczywiście kolosalne znaczenie przy ocenie hydrofilności gruntów spoiстых, w których np. minerały kaolinitowe mogłyby odgrywać poważniejszą rolę.

Prowadzone są także badania rentgenostrukturalne bentonitu z Milowic metodą bezpośrednich przekształceń Fouriera, w wyniku czego stwierdzono, że minerał ilasty występujący we frakcji < 1 μm bentonitu z Milowic posiada strukturę mieszano-pakietową, w której pakiety łyśczyku w ilości 14% przewarstwiane są nieregularnie pakietami montmorylonitu w ilości 86%.

2. Badanie powierzchni właściwej metodą desorpcji glikolu etylenowego.

Powierzchnia właściwa gruntów, a zwłaszcza gruntów spoiстых, jest jedną z niezmiernie ważnych cech

tych gruntów. Jest ona bowiem wypadkową składu mineralnego, kompleksu sorpcyjnego, rodzaju i wielkości sił działających między elementarnymi cząstkami oraz posedymentacyjnych procesów, doprowadzających do powstania zespołów połączonych ze sobą cząstek przy ich różnej orientacji przestrzennej. Wielkość powierzchni właściwej jako powierzchni aktywnie współdziałającej z wodą (roztworami wodnymi) lub innymi cieczami jest również czynnikiem determinującym hydrofilność gruntów.

Z tych więc względów badania te podjęte na szeroką skalę w zespole i opublikowane przez B. Grabowską-Olszewską (6), a następnie kontynuowane równoległe trzema metodami przez mgr Z. A. Wojciechowskiego (23) i dr B. Budziosz (3), weszły na stałe do problematyki badawczej Zespołu Badań Gruntów i ich Melioracji. Metodami tymi są:

metoda ciepła zwilżania (omówiona w podrozdziale 3),
metoda desorpcji glikolu etylenowego,
metoda adsorpcji orto-fenantroliny.

Badania porównawcze wykonane dla tych samych próbek gruntów powyższymi trzema metodami potwierdzają słuszność ich doboru dla gruntów spoiстых, ze względu na fakt otrzymania, na różnej przecież drodze, zbliżonego rzędu wielkości, a mianowicie:

dla gruntów montmorylonitowych Ca^{2+}	900—1000 m^2/g ,
dla gruntów hydromikowych	200—300 m^2/g ,
dla gruntów kaolinitowych	50—100 m^2/g .

Na szczególnie podkreślenie zasługuje fakt, iż metody te jak i szereg innych opierają się o badanie gruntów spoiстых lub ich poszczególnych frakcji przygotowanych do badań w postaci proszku.

Ponieważ wiadome jest, iż rozdrobnienie mechaniczne podwyższa wielkość powierzchni właściwej zastosowano metodę, która pozwalałaby badać grunty spoiyste z zachowaniem ich naturalnej struktury. Okazało się jednak, iż przy stosowaniu cieczy następuje rozpad próbki, co stwarza warunki zbliżone do warunków badania próbek sproszkowanych. Na monolitach badania te można było wykonać jedynie dla skał, w których penetrująca ciecz nie jest w stanie zniszczyć istniejących wiązań.

Dla takich przypadków wykonane badania wykazały, że piaskowce szarogłazowe (czerwonego spągowca) mają powierzchnię właściwą (średnią) zamykającą się w przedziale 5—30 m^2/g , podczas gdy frakcja ilowa wyseparowana z tych piaskowców i zbudowana głównie z illitu, kaolinitu oraz chlorytu wykazuje średnie wartości powierzchni właściwej mieszczące się w przedziale 40—100 m^2/g , a więc około 5—8 razy większą.

Badania powierzchni właściwej metodą desorpcji glikolu etylenowego oparte są o klasyczną metodę Dyal-Hendriksa (4), a następnie zmodyfikowaną przez R. T. Martina (11). Aparatura do tych badań opierająca się na przyjętych przez powyższych autorów, założeniach konstrukcyjnych, została w naszym zespole skonstruowana przez mgr Z. A. Wojciechowskiego (23) i zaadoptowana do celów badań gruntów. Aparatura ta składa się z eksykatora próżniowego, złożonego z dwóch pokryw, połączonych za pomocą węża ze specjalnym układem próżniowym, połączonym z pompą próżniową. Eksykator natomiast umieszczony jest w komorze otoczonej płaszczem wodnym z izolacją termiczną. Stabilizację temperatury zapewniono przez połączenie z ultratermostatem.

3. Badanie ciepła zwilżania metodą kalorymetryczną.

Ciepło zwilżania jako efekt egzotermiczny powstający w momencie zanurzania ciała stałego (gruntu) w cieczy jest wynikiem zmiany energii powierzchniowej tego ciała przy przejściu z układu ciała

¹ Wg PN-54/B-02480.

stałe (grunt) — powietrze do układu ciało stałe (grunt) — woda (roztwór). Badanie więc zjawisk termicznych zachodzących w gruntach spoiстых pozwała wnikać w istotę przemian energetycznych będących funkcją składu granulometrycznego, składu mineralnego gruntu, stopnia jego dyspersji (powierzchni właściwej) oraz charakteru kompleksu sorpcyjnego. Na podstawie zapoczątkowanych w zespole badań przez B. Grabowską-Olszewską (6, 6a), a następnie kontynuowanych przez B. Budzisz (2, 3) można stwierdzić, iż zależności te są bardzo wyraźne, uzyskano np.:

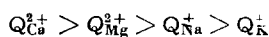
dla montmorylonitu Ca^{2+} z Chmielnika	$Q = 25 \text{ cal/g,}$
dla kaolinitu Ca^{2+} z Siedlec	$Q = 1 \text{ cal/g,}$
dla gruntów hydromikowych z Machowa	$Q = 4 \text{ cal/g.}$

Stąd odpowiednio kształtują się wartości powierzchni właściwej, która dla poszczególnych rodzajów minerałów i gruntów uzyskuje w oparciu o tę metodę następujące wartości:

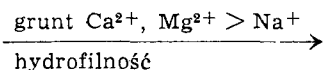
montmorylonit Ca^{2+}	$S = 900 \text{ m}^2/\text{g,}$
kaolinit Ca^{2+}	$S = 50 \text{ m}^2/\text{g,}$
grunty hydromikowe	$S = 200 \text{ m}^2/\text{g.}$

Na uwagę zasługuje fakt, iż określenie powierzchni właściwej w oparciu o pomiary ciepła zwilżania uznane zostało w poważnej literaturze naukowej na równi z innymi metodami badawczymi, o czym świadczy fakt zaprezentowania wyników naszych badań przez prof. H. van Olphen (14) w Materiałach Międzynarodowego Sympozjum Badania Powierzchni Właściwej, które odbyło się w 1969 r. w Bristolu.

W wyraźnej zależności występują również wielkości ciepła zwilżania od charakteru kompleksu sorpcyjnego. Stwierdzono więc, iż przy tym samym mineralogicznym typie gruntu wielkości ciepła zwilżania są około 2-krotnie wyższe przy kompleksie sorpcyjnym utworzonym przez kationy dwuwartościowe, w stosunku do kompleksu sorpcyjnego utworzonego przez kationy jednowartościowe, co pozwoliło zależność tę przedstawić w postaci następującego szeregu:



Zależność ta z kolei pozwoliła dojść do ogólnego stwierdzenia, iż hydrofilność gruntów o podobnym składzie kompleksu sorpcyjnego jest odwrotnie proporcjonalna do wielkości ciepła zwilżania, stąd:



Jony potasu odgrywają dość specyficzną rolę w gruntach, a zatem grunty potasowe odbiegają swymi hydrofilnymi własnościami, np. od gruntów sodowych.

4. Badanie wód porowych (słabo związanych) wydzielonych metodą wysokich ciśnień.

Badanie chemizmu wód porowych (słabo związanych) i ich wpływu na fizyczno-mechaniczne własności gruntów spoiстых zostało zapoczątkowane w Polsce przez dr Elżbietę Myślińską (12, 13, 13a). Prawie równoległe dla celów hydrogeologicznych badania te podjął S. Witczak (22). Badania prowadzone nad tym problemem, jak należało oczekiwać, o wielkim teoretycznym i praktycznym znaczeniu wykazały, iż nieuwzględniany dotychczas chemizm wód porowych odgrywa bardzo poważną rolę w kształtowaniu się różnych własności gruntów. Wykazały one ponadto, iż poprzez sztuczną zmianę chemizmu

mu tych wód można ingerować i modelować własności gruntów i skał, co nierzadko może być wykorzystywane przy melioracji gruntów.

Dr E. Myślińska badaniami swymi wykazała że:

- 1) chemizm wód porowych jest w zasadzie różny dla różnych genetycznych typów gruntów;
- 2) najczęściej występującymi typami wód porowych są wody siarczanowo-wapniowe, wodorowęglanowo-wapniowe, siarczanowo-magnezowe oraz rzadziej chlorkowo-wapniowe;
- 3) wyraźnie zaznacza się zależność między składem chemicznym wód porowych a stopniem ich mineralizacji: wody chlorkowe, wodorowęglanowe wykazują zawsze niższą mineralizację niż wody siarczanowe;
- 4) rodzaj oraz wielkość sił działających między cząstkami zależy w znacznej mierze od koncentracji elektrolitów obecnych w wodzie porowej, stąd trwałość struktury gruntów będzie wyższa przy podwyższonej koncentracji elektrolitów i wysokiej wartościowości jonów;
- 5) hydrofilność oraz ściśliwość gruntów maleje wraz ze wzrostem mineralizacji roztworów porowych.

Do powyższych badań, przy uwzględnieniu faktu, iż wody te mogą być usuwane z gruntów przy wysokich ciśnieniach zastosowano zmodyfikowany aparat P. A. Krjukowa, na który poprzez prasę hydrauliczną wywierano nacisk pionowy około 5000 KG/cm², usuwana na tej drodze woda, z różną zresztą szybkością, zależną od rodzaju gruntu i wilgotności poddawana była następnie kompleksowym badaniom składu chemicznego.

5. Badanie zjawisk elektrokinetycznych zachodzących w podwójnej warstwie elektrycznej metodą pomiaru potencjału przepływu.

Zjawiska elektrokinetyczne zachodzące w podwójnej warstwie elektrycznej należą niewątpliwie do jednych z bardziej złożonych. Wpływa na to w przypadku gruntów ogromna ich różnorodność, będąca wynikiem zarówno zmiennego składu mineralnego, powierzchni właściwej, chemizmu wód (roztworów) porowych, porowatości i innych. One to zatem warunkują grubość podwójnej warstwy elektrycznej, która determinuje z kolei intensywność tych zjawisk.

Do jednej z ważniejszych charakterystyk podwójnej warstwy elektrycznej należy potencjał elektrokinetyczny — potencjał zeta (ξ), który określan jest jako różnica potencjałów pomiędzy płaszczyzną najbliższą podwójnej warstwy elektrycznej a wnętrzem roztworu i wyznaczany jest w mV.

Znak potencjału elektrokinetycznego zależy zatem od rodzaju fazy stałej np. kwarc, krzemiany mają ładunek ujemny, a np. wodorotlenki żelaza mają ładunek dodatni. Na wartość i znak potencjału wpływa również, poza składem mineralnym, dyspersja cząstek, skład kationów wymiennych oraz ich hydratacja. Niemalą rolę odgrywa również geneza danego utworu np. węglany pochodzenia nieorganicznego mają dodatni znak potencjału zeta, natomiast węglany pochodzenia organicznego ujemny znak potencjału zeta.

Uwzględniając rodzaj czynników kształtujących wielkość oraz wartość potencjału zeta gruntów spoiстых można w oparciu o jego pomiar przeprowadzić interpretację dającą obraz składu mineralnego oraz charakteru kompleksu sorpcyjnego, które to elementy w tak istotny sposób wpływają na kształtowanie się fizyczno-mechanicznych własności gruntów.

Jedną z metod pozwalającą określić potencjał zeta jest metoda pomiaru potencjału przepływu, który występuje podczas przelatania cieczy pod ciśnieniem przez pory gruntu. Aparatura do tych badań została w naszym zespole skonstruowana przez mgr M. Zbika (24) i składa się z trzech głównych podzespołów:



Ryc. 1. Powierzchnia strukturalna ilitu warstwowanego z Kampinosu (warstwa ciemna).

Fig. 1. Textural surface of stratified clay from Kampinos (dark layer).

- I — układu wytwarzającego nadciśnienie,
- II — układu elektrokinetycznego,
- III — układu elektrycznego pomiarowego.

Właściwie przygotowana do badań aparatura pozwala w krótkim czasie uzyskać poszukiwaną wartość potencjału przepływu, a stąd przejście do poszukiwanej wartości potencjału zeta jest bardzo proste. Dla zobrazowania powyższych stwierdzeń można by przytoczyć następujące wartości potencjału elektrokinetycznego wyznaczonego w obecności wody (E. M. Siergiejew, 16):

montmorylonit	— Na ⁺	— 50,0 mV,
kaolinit	— Na ⁺	— 34,9 mV,
hydromikowo-chlorytowa glina		— 16,2 mV,

natomiast z badań wykonanych u nas przez mgr M. Zbika (24) uzyskano następujące wyniki:

montmorylonit	— Ca ²⁺ z Chmielnika	— 77 mV,
kaolinit	— Ca ²⁺ z Sedlec	— 46 mV,

przy czym procentowe mieszaniny tych dwóch minerałów wykazują wartość potencjału zeta w przedziale między powyższymi wartościami.

6. Badanie struktur gruntów i skał przy użyciu elektronowego mikroskopu analizującego („scanning”) 2.

Zastosowanie elektronowego mikroskopu analizującego do badania struktur gruntów jest sprawą ostatnich kilku lat. Po raz pierwszy do tego celu zastosował go prof. K. H. Roscoe (15) z Cambridge. Istniejąca zatem z tej dziedziny literatura światowa nie jest jeszcze bogata. Z ważniejszych prac moż-

* W literaturze anglosaskiej używa się terminu „scanning electron microscope” — (SEM).



Ryc. 2. Powierzchnia strukturalna ilitu mioceńskiego z Machowa.

Fig. 2. Textural surface of Miocene clay from Machow.

naby wymienić: J. E. Gillott (5); J. Soyer (18); C. L. Warren, R. B. Grossmann (21); L. Barden, G. Sides (1); I. J. Smalley, I. G. Cabrera (17); N. K. Tovay (19); D. A. Warnke (20).

W odniesieniu do badania struktur polskich gruntów spoistych i skał osadowych, na szerszą skalę metodę tę zastosowała B. Grabowska-Olszewska (7, 8, 9, 10), przy czym badania te nadal są prowadzone pod kątem opracowania „Albumu struktur i tekstur różnych genetycznych typów gruntów spoistych” i realizowane w ramach umowy o współpracy z Uniwersytetem Moskiewskim.

Metoda ta pozwala nareszcie badać rzeczywistą przestrzenną orientację pojedynczych cząstek bądź ich zespołów (flokulantów, agregatów), jak również obserwować charakter i wielkość porów oraz ich kształt. Daje też możliwość zbadania w jakim kierunku zmienia się struktura gruntu, pod wpływem wtórnych czynników takich, jak np. nasycanie różnymi substancjami, sztuczna konsolidacja, ścinanie i inne, co możliwe jest dzięki uzyskiwaniu powiększeń do 20 000 X, a nawet i większych, przy zdolności rozdzielczej do 250 Å oraz odpowiednio dużej głębi ostrości, pozwalającej na uzyskanie prawie trójwymiarowego obrazu. Z przeprowadzonych dotychczas badań gruntów spoistych wymienioną metodą można by się pokusić o przedstawienie wstępnej klasyfikacji struktur różnych pod względem genetycznym polskich gruntów spoistych:

1. Grunty spoiste sedymentujące w środowisku wody słodkiej mają przeważającą orientację cząstek zbliżoną do równoległej (ryc. 1);

2. Grunty spoiste sedymentujące w środowisku wody słonej mają przeważającą orientację cząstek zbliżoną do prostopadłej (ryc. 2);

3. Grunty spoiste pochodzenia lodowcowego nie wykazują wyraźniejszej orientacji;

4. Grunty pochodzenia eolicznego wykazują układ ziarn bądź cząstek równoległe dłuższą osią do stro-pu-spagu;

5. W gruntach, w których na skutek wtórnych procesów doszło do cementacji osadu, nie obserwuje się reorientacji cząstek pod wpływem zmian kierunku działania sił ściskających próbkę w zakresie kilku KG/cm².

LITERATURA

1. Barden L., Sides G. — Sample Disturbance in the Investigation of Clay Structure. *Geotechnique* 1971, No. 3.
2. Budziosz B. — Analiza ciepła zwilżania gruntów spoistych na tle ich własności fizycznych. *Biul. geol. Wydz. Geol. UW*, 1972, t. 14.
3. Budziosz B. — Ciepło zwilżania gruntów spoistych. *Ibidem* (w druku).
4. Dyal R. S., Hendriks S. B. — Total Surface of Clays in Polar Liquids as a Characteristic Index. *Soil Sci.* 1950, 69.
5. Gillott J. E. — Study of the Fabric of Fine-Grained Sediments with the Scanning Electron Microscope. *Jour. of Sedimentary Petrology*, 1969, Vol. 39, No. 1.
6. Grabowska-Olszewska B. — Wpływ własności sorpcyjnych, wybranych typów gruntów spoistych na ich hydrofilność. *Biul. geol. Wydz. Geol. UW*, 1968, t. 10.
- 6a. Grabowska-Olszewska B., Zielonkiewicz A. — Hydrofilność gruntów spoistych na tle badań ciepła zwilżania. *Prz. geol.*, 1968, nr 7.
7. Grabowska-Olszewska B. — Elektronowy mikroskop analizujący (EMA) w inżyniersko-geologicznych badaniach gruntów spoistych. *Ibidem*, 1971, nr 8—9.
8. Grabowska-Olszewska B. — Mikrostruktury utworów lessowych (komunikat). *Materiały Sympozjum „Litologia i Stratygrafia Lessów w Polsce”*, Lublin 25—30 września 1972.
9. Grabowska-Olszewska B. — Mikrostruktury polskich gliniastych gruntów issledowanych po metodzie elektronowo skanirujuszczewo mikroskopa. *Materiały Międzynarod. Konferencji Geologii Inżynierskiej*, Tbilisi, 31 maj — 3 czerwiec 1972 (w druku).
10. Grabowska-Olszewska B. — Mikrostruktury skał górnego czerwonego spągowca rejonu Bogdaj-Uciechów (monoklina przedsudecka) badane za pomocą elektronowego mikroskopu analizującego (EMA). *Biul. geol. Wydz. Geol. UW*, t. 18 (w druku).
11. Martin R. T. — Ethylene glycol retention by clays. *Soil. Soc. Amer. Proc.* 1955, 19.
12. Myślińska E. — Wydzielanie roztworów porowych z gruntów spoistych metodą wysokich ciśnień. *Prz. geol.* 1970, nr 7.
13. Myślińska E. — Chemizm roztworów porowych gruntów spoistych o różnej genezie. *Kwart. geol.* 1972, nr 1.
- 13a. Myślińska E. — Wody porowe gruntów spoistych. *Biul. geol. Wydz. Geol. UW*, t. 18 (w druku).
14. van Olphen H. — Determination of Surface Areas of Clays-Evaluation of Methods Proceedings of the International Symposium on Surface Area Determination. Bristol, 1969.
15. Roscoe K. H. — Discussion of Session 2. *Proc. Geotechnical Conf. Oslo 2*, 1967.
16. Siergiejew E. M. (red.) — *Gruntowiedzenie*. Moskwa, 1971.
17. Smalley I. J., Cabrera I. G. — The Shape and Surface Texture of Loess Particles. *Reply. Geological Society of America Bulletin*, 1971, Vol. 82.
18. Soyer J. — Aspects de surface de sables quartzeux au microscope électronique à balayage. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 1969, t. 92, fasc. II.
19. Tovey N. K. — Soil Structure Analysis Using Optical Techniques on S. E. Micrographs. *Proceedings of the Fourth Annual Scanning Electron Microscope Symposium*. Chicago, 1971.
20. Warnke D. A. — The Shape and Surface Texture of Loess Particles. *Discussion. Geological Society of America Bulletin*, 1971, Vol. 82.
21. Warren C. L., Grossman R. B. — Observations of Certain Soil Fabrics with the Scanning Electron Microscope. *Soil Sci. Soc. of Amer. Proc.*, 1970, Vol. 34, No. 4.
22. Witczak S. — Zastosowanie badań roztworów porowych do określania stopnia zasolenia wód kopalnianych w warunkach Górnego Śląska. *Maszynopis pracy doktorskiej AGH*, 1971.
23. Wojciechowski Z. A. — Wpływ struktury ilów poznańskich okolic Konina na własności fizyczne tych ilów. (Praca magisterska). *Arch. IH i GI UW*, 1970.
24. Żbik M. — Inżyniersko-geologiczna charakterystyka okolic Torunia (pow. Chełm Lubelski), Rozdz. 9 — Badanie potencjału elektrokinetycznego metodą pomiaru potencjału przepływu. (Praca magisterska). *Ibidem*, 1972.

SUMMARY

The paper presents basic methods applied in the Institute of Hydrogeology and Engineering Geology of Warsaw University in analysing physico-chemical processes active on surfaces of mineral skeleton particles under the influence of waters of different chemistry and of certain chemical compounds. The effects of those factors of hydrophilicity and texture of soils are discussed. In addition, some conclusions concerning selection of methods of improving soil properties are given.

РЕЗЮМЕ

В статье описаны основные методы работ, применяющиеся в Институте гидрогеологии и инженерной геологии Варшавского университета при изучении физико-химических явлений на поверхности частиц минерального скелета, вызванных действием вод разного химического состава и определенных химических соединений, а также в исследованиях влияния этих явлений на гидрофильность, структуру грунтов и выбор методов мелiorации.