

WPLYW STEŻENIA ROZTWORÓW NA NIEKTÓRE FIZYCZNO-MECHANICZNE WŁASNOŚCI GRUNTÓW SPOISTYCH

UKD 556.314: 624. 131.412:624.131.22:624.131.439

Inżyniersko-geologiczna ocena własności gruntów spoistych wymaga rozpatrywania ich w aspekcie trójfazowego układu tych gruntów. Jednym z elementów tego układu są wody porowe, których skład chemiczny i stopień mineralizacji w znacznej mierze wpływają na intensywność współdziałania woda — szkielet mineralny, a co za tym idzie i na kształtowanie się oraz zmienność fizyczno-mechanicznych własności gruntów spoistych.

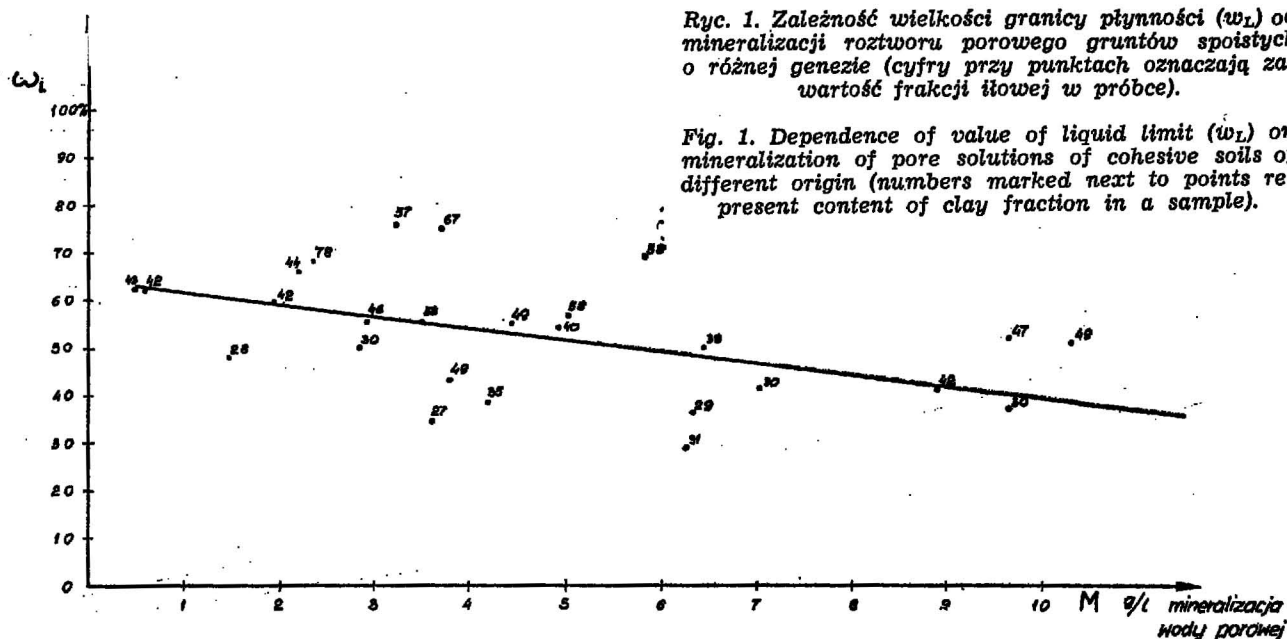
W trakcie badań wód porowych występujących w gruntach spoistych o różnej genezie z obszarów Polski (2, 3) stwierdzono istnienie wyraźnej zależności między mineralizacją wody porowej a niektórymi fizyczno-mechanicznymi własnościami tych gruntów. Jednak duża różnorodność granulometryczna i mineralogiczna badanych próbek pozwoliła jedynie na

ogólne stwierdzenie tej zależności, jak również na wykazanie, że kierunek zmian własności fizyczno-mechanicznych w zależności od chemizmu i mineralizacji wód porowych był dla wszystkich badanych gruntów zbliżony.

Na ryc. 1 przedstawiono zależność wielkości granicy płynności od mineralizacji wody porowej dla różnych genetycznie gruntów. Z wykresu tego wyraźnie wynika, że istnieje zależność określająca zmniejszenie wielkości granicy płynności ze wzrostem mineralizacji wody porowej. Znaczny rozrzut punktów na wykresie jest wynikiem zarówno ich różnej granulometrii (zawartość frakcji łowej od 27 do 78%), jak i nieco odmiennego składu mineralnego. Przy opisie próbek na wykresie podano zawartość frakcji łowej w danej próbce. Wyraźnie widać, że próbki

Ryc. 1. Zależność wielkości granicy płynności (w_L) od mineralizacji roztworu porowego gruntów spoiwystych o różnej genezie (cyfry przy punktach oznaczają zawartość frakcji ilowej w próbce).

Fig. 1. Dependence of value of liquid limit (w_L) on mineralization of pore solutions of cohesive soils of different origin (numbers marked next to points represent content of clay fraction in a sample).



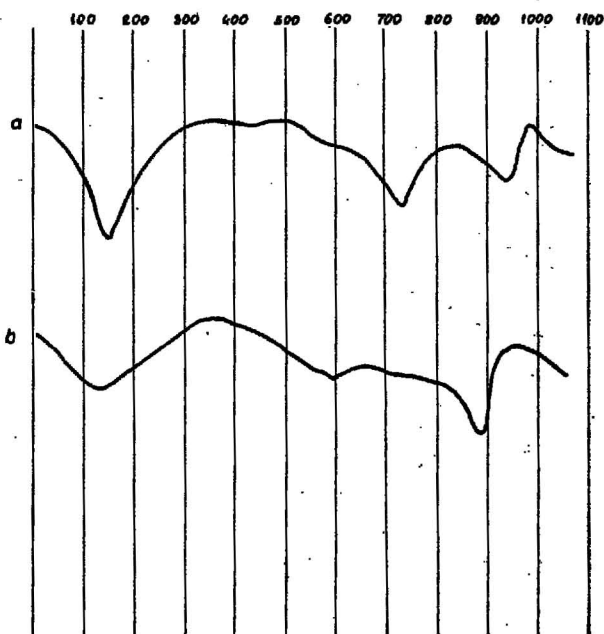
znajdujące się powyżej wykresu (będącego linią uśrednioną) charakteryzują się na ogół podwyższoną zawartością frakcji ilowej w porównaniu z próbkami znajdującymi się w pobliżu średniej. Natomiast próbki znajdujące się poniżej wykresu zawierają na ogół obniżoną ilość frakcji ilowej.

Aby więc łatwiej uchwycić i ocenić wpływ wód porowych na zmianę niektórych fizyczno-mechanicznych własności gruntów, należało wyeliminować inne, znane już czynniki wpływające również na zmienność tych własności. Tak więc przeprowadzono badania modelowe na dwóch wybranych próbkach gruntów. Jako roztwory współdziałające użyte zostały roztwory $MgSO_4$ i $NaCl$, o różnych stężeniach, oraz woda destylowana.

Jedną próbkę stanowił bentonit karboński z nadkładu węgla kamiennego z Miłowic. Przeprowadzenie badań na takiej próbce miało na celu zwielokrotnienie efektu oddziaływania roztworów, co było możliwe dzięki temu, że minerały montmorylonitowe znacznie silnie reagują z wodą oraz różnymi roztworami. Badany bentonit mineralogicznie jest montmorylonitem z domieszką illitu, a z minerałów nieilastych — głównie kwarcu. Krzywą termiczną bentonitu przedstawiono na ryc. 2a. Granulometrycznie jest to il o zawartości frakcji ilowej 59%, pyłowej 35% i piaskowej 6%.

Drugą próbkę stanowił czwartorzędowy il zastójski z cegielni w Zielonce o składzie mineralnym i granulometrycznym mieszczącym się w przedziałach określanych dla typowych czwartorzędowych gruntów spoiwystych występujących na obszarze Polski, a więc i sposób jego reagowania z roztworami powinien odzwierciedlać prawidłowości, jakie będą występowały w innych gruntach spoiwystych tego typu. Skład mineralny ilu z Zielonki jest montmorylonitowo-illitowy (ryc. 2b). Z minerałów nieilastych stwierdzono występowanie głównie kwarcu oraz węglanów (około 17%). Granulometrycznie jest to il pylasty o zawartości frakcji ilowej 46%, pyłowej 42% i piaskowej 12%. Skład chemiczny naturalnej wody porowej, badany po odcisnięciu jej metodą wysokich ciśnień (4) jest wapniowo-siarczanowy. Dwudziestokrotny wyciąg wody z tych ilów jest również typu wapniowo-siarczanowego.

Próbki gruntu suszono na powietrzu a następnie rozcierano na proszek. Otrzymane w ten sposób próbki przeprowadzano w stan odpowiadający granicy płynności, używając kolejno wody destylowanej oraz roztworów $MgSO_4$ i $NaCl$ — 0,01 n, 0,1 n, 1 n, 2 n i 5 n. Kontrola stanu gruntu odbywała się za pomocą słożka Wasiliewa. Zmiany wilgotności odpo-



Ryc. 2. Termogramy próbek, na których przeprowadzono badania modelowe.

1 — bentonit z Miłowic, 2 — il zastójski z Zielonki.

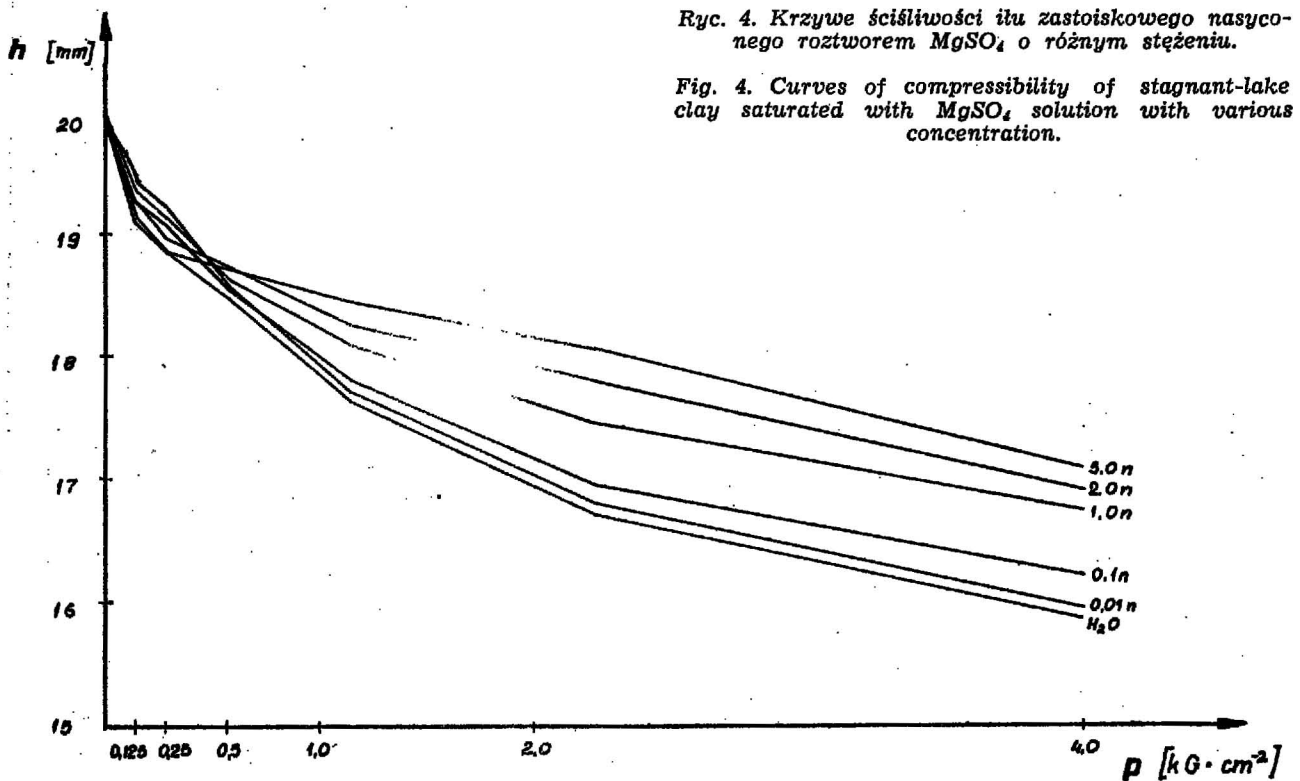
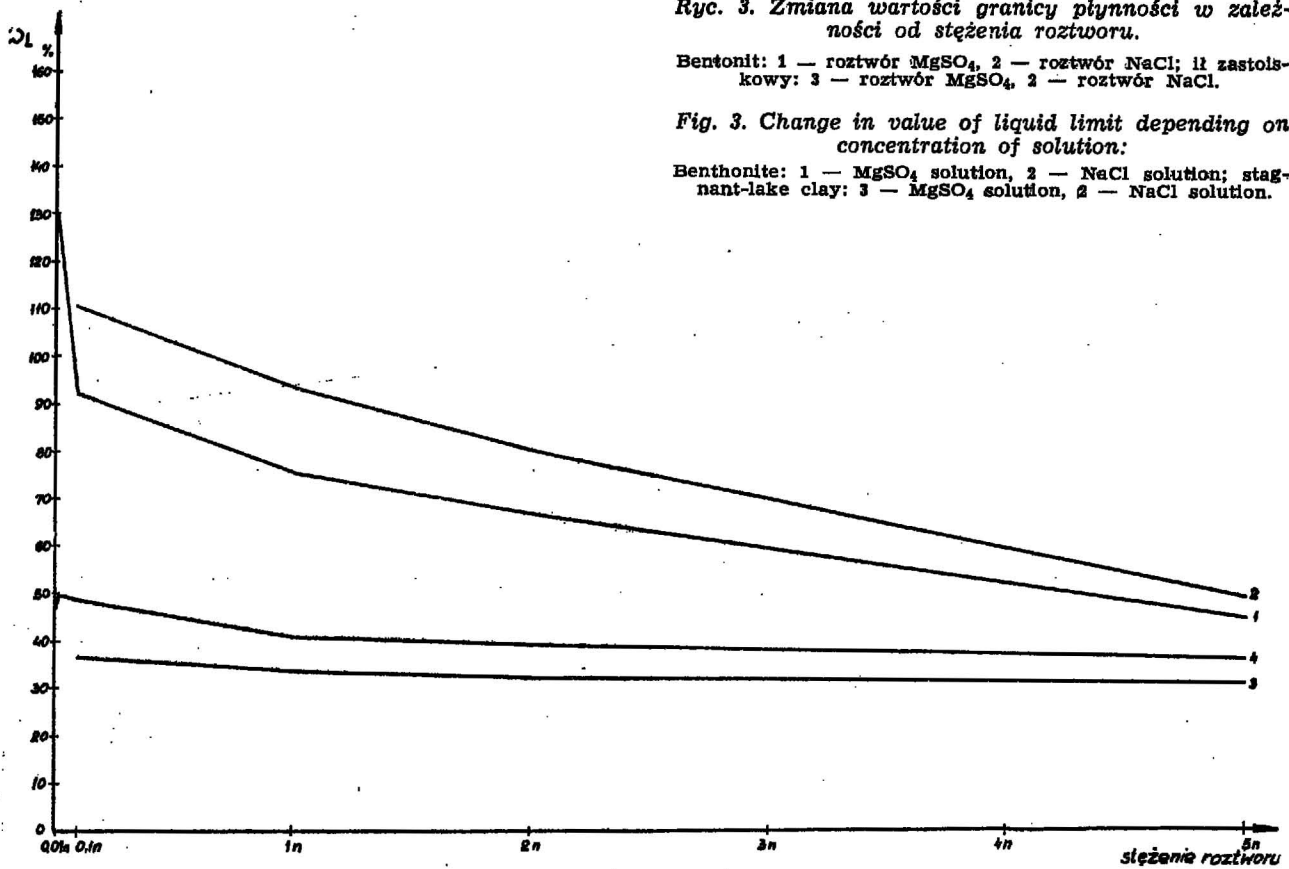
Fig. 2. Thermographs of samples covered by model studies.

1 — bentonite from Miłowice, 2 — stagnant-lake clay from Zielonka.

wiadającej wielkości granicy płynności dla obydwu gruntów, przy różnych roztworach i różnych stężeniach przedstawiono w tabeli I oraz na ryc. 3.

Próbki w stanie odpowiadającym granicy płynności umieszczano w edometrach, badając ich ściśliwość, przy kolejnych obciążeniach: 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 $kG \cdot cm^{-2}$. Otrzymane wielkości edometrycznych modułów ściśliwości pierwotnej przedstawiono w tab. II, a krzywe ściśliwości na ryc. 4 i 5.

W ten sposób na dwóch oddzielnych modelach zbadano wpływ mineralizacji roztworów porowych na wielkość granicy płynności i ściśliwość gruntu, przy wyeliminowaniu innych czynników takich, jak: skład mineralny, granulometryczny, a przy badaniu ściśliwości również i struktura, tekstura oraz stan gruntu.



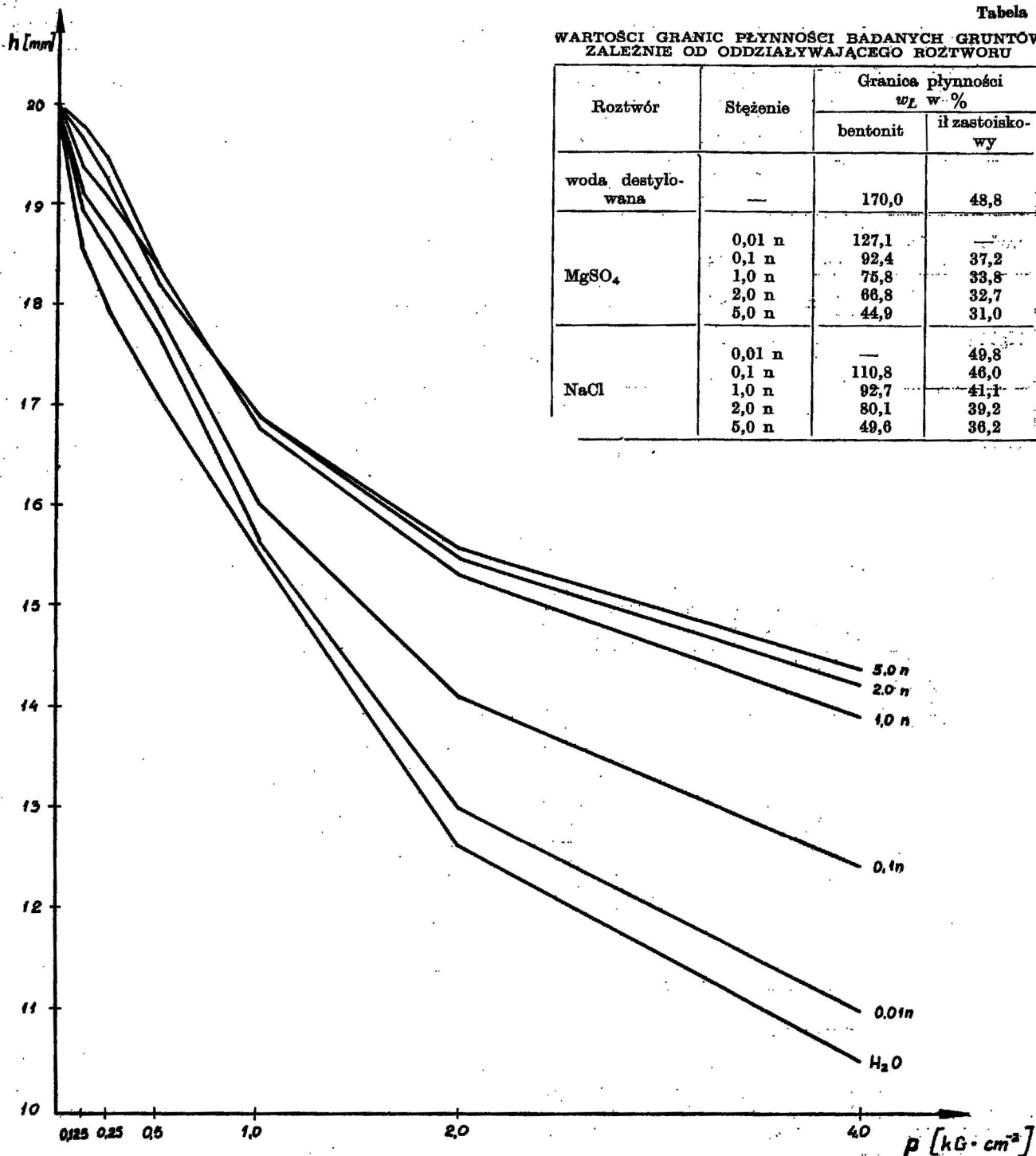
Wartość granicy płynności wyraźnie maleje ze wzrostem stężenia roztworu. Daje się to zaobserwować zarówno przy oddziaływaniu roztworów na bentonit, jak i na il zastoiskowy, przy czym w przypadku bentonitu zjawisko to jest znacznie wyraźniejsze, a różnice w wartościach granicy płynności przy oddziaływaniu poszczególnych roztworów większe niż

w przypadku ilu zastoiskowego. Ponadto obserwuje się, że przy tym samym stężeniu roztworu, wyższe wartości granicy płynności osiąga się przy oddziaływaniu roztworem $NaCl$. Zjawisko to zaznacza się w obydwu gruntach. Zauważono jednak, że różnice między wielkościami granic przy oddziaływaniu $NaCl$, a przy oddziaływaniu $MgSO_4$ na bentonit, są stosun-

Tabela I

WARTOŚCI GRANIC PŁYNNOŚCI BADANYCH GRUNTÓW
ZALEŻNIE OD ODDZIAŁYWAJĄCEGO ROZTWORU

Roztwór	Stężenie	Granica płynności wL w. %	
		bentonit	il zastoisko- wy
woda destylo- wana	—	170,0	48,8
MgSO ₄	0,01 n	127,1	—
	0,1 n	92,4	37,2
	1,0 n	75,8	33,8
	2,0 n	68,8	32,7
	5,0 n	44,9	31,0
NaCl	0,01 n	—	49,8
	0,1 n	110,8	46,0
	1,0 n	92,7	41,1
	2,0 n	80,1	39,2
	5,0 n	49,6	36,2

Ryc. 5. Krzywe ściśliwości bentonitu nasyconego roz-
tworem MgSO₄ o różnym stężeniu.Fig. 5. Curves of compressibility of bentonite satu-
rated with MgSO₄ solution with various concentration.

kowo mniejsze niż należałoby tego oczekiwać. Jest to przypuszczalnie wynikiem faktu, że bentonit już w stanie naturalnym zawiera pewną ilość soli sodu (siarczanów lub chlorków), które oddziałują zarówno na jego kompleks sorpcyjny, jak i hydrofilność w ogóle.

Różnice pomiędzy wartościami granic zarówno dla różnych roztworów, jak i dla różnych gruntów, maleją ze wzrostem stężenia roztworów. Przy maksymalnym stężeniu (roztworu 5n) wartości granic zbliżają się ku sobie, a różnica między skrajnymi wartościami wynosi około 20%, gdy przy początkowym niewielkim stężeniu roztworów (0,01 n) różnica ta wynosi około 85%. Tak więc, przy znacznych mineralizacjach, skład chemiczny roztworu odgrywa znacznie mniejszą rolę. Jednocześnie, już wcześniej

stwierdzono, że przy mineralizacjach bardzo małych również maleje wpływ roztworów na własności gruntów.

Próbki nasycone roztworami MgSO₄ wykazują obniżoną ściśliwość, przy czym ściśliwość maleje ze wzrostem stężenia roztworów. Widoczne jest to zarówno przy badaniu bentonitów, jak i przy badaniu ilu zastoiskowego i zależność ta jest znacznie wyraźniejsza w przypadku bentonitów. Wpływ stężenia roztworu na ściśliwość zaznacza się dopiero przy wyższych obciążeniach, to znaczy powyżej 1 kg·cm⁻² i przy mniejszych stężeniach roztworów. Przy zastosowaniu roztworów o wyższych stężeniach (powyżej 1n) różnice w ściśliwości są znacznie mniejsze, co zwłaszcza wyraźnie zaznacza się w wypadku bentonitów.

Tabela II

WARTOŚCI EDOMETRYCZNYCH MODUŁÓW
ŚCISŁIWOŚCI PIERWOTNEJ W ZAKRESIE
OD 0 DO 4 $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ BADANYCH GRUNTÓW
ZALEŻNIE OD ODDZIAŁUJĄCEGO ROZTWORU

Roztwór	Stężenie	Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej M_0 w $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$	
		bentonit	il zastoiskowy
woda destylowana	—	8,42	19,28
MgSO_4	0,01 n	8,89	19,70
	0,1 n	10,59	21,05
	1,0 n	13,11	24,61
	2,0 n	13,91	25,80
	5,0 n	14,28	27,59
NaCl	0,01 n	7,91	18,60
	0,1 n	6,42	16,84
	1,0 n	5,03	16,67
	2,0 n	9,20	—
	5,0 n	10,14	19,07

Nieco inaczej przedstawia się wpływ roztworów NaCl na ścisłość badanych gruntów. Nasycenie ich tymi roztworami o niewielkim stężeniu powoduje zwiększenie ścisłości, wynikające z wprowadzenia w grunt jonów Na^+ , a dopiero po przekroczeniu pewnego stężenia (roztwór 2n) następuje zmniejszenie ścisłości wywołane wpływem zwiększenia koncentracji tych roztworów.

Z powyższych badań wynika, że zwiększenie stężenia soli w wodzie porowej będzie powodowało zwiększenie wytrzymałości gruntów, która w omawianych doświadczeniach charakteryzowana była poprzez wartość granicy płynności oraz ścisłość (moduł ścisłości pierwotnej). Zjawisko to wytłumaczyć można przede wszystkim faktem, że w zależności od stężenia i składu roztworu porowego zmienia się grubość podwójnej warstwy elektrycznej, tworzącej się na granicy fazy stałej i ciekłej. Przy zwiększaniu stężenia roztworów porowych grubość warstwy podwójnej maleje (4), co w znacznym stopniu zmniejsza hydrofilność gruntu jako całości, powoduje wzrost zdolności do tworzenia agregatów, zmniejszenie porowatości, a co za tym idzie z jednej strony zmniejszenie plastyczności z drugiej zaś

SUMMARY

The studies of pore waters and their influence on physico-mechanical properties of cohesive soils yielding them (E. Myślińska, 1972, 1974) have shown that the properties depend on mineralization of the pore waters. The studies made possible to assume the existence of such dependence and to trace directions of changes only as there is a marked overlap of effects of several other factors including granulometry, mineral composition, etc., which also have a marked effect on changes in mineral composition of cohesive soils. In order to make tracing and estimating of the effect of pore waters on selected physico-mechanical properties of soils (liquid limit and oedometric compressibility modulus of a paste at the liquid limit) more easy the disturbing effect of other factors was eliminated. The model studies were carried out on two samples (bentonite and stagnant-lake clay — see Fig. 2) with the use of distilled water and MgSO_4 and NaCl solutions with various concentration as cooperating solutions. The studies have shown that increase in concentration of salts generally results in increase in strength of soil which is characterized here by the values of liquid limit and compressibility values (Tables 1—2, Figs. 3—5).

zmniejszenie ścisłości. Wyniki badań potwierdziły jednocześnie fakt, że rola charakteru wód porowych jest większa w gruntach o składzie montmorylonitowym, niż w gruntach o składzie illitowym. Wiadomo również, że znaczenie tego zjawiska jest tym większe im bardziej dyspersyjny jest układ, tzn. im więcej frakcji ilowej zawiera dany grunt (3, 5, 6).

Wpływ chemizmu roztworów porowych na własności gruntów spoistych ważny jest nie tylko z punktu widzenia prognozy kształtowania się i zmienności tych własności oraz możliwości regulowania tej zmienności w pożądanym z punktu widzenia geologii inżynierskiej kierunku. Stwierdzono na przykład znaczny wpływ chemizmu płuczek stosowanych przy wierceniach na możliwość oceny własności kolektorских przewiercanych skał. Niektóre typy płuczek mogą powodować wzrost hydrofilności przewiercanych skał ilastych, czy ilastego lepiszcza skał piaskowcowych, zwiększać ich pęcznienie, co powoduje zaciskanie porów, a tym samym zmniejsza się lub całkowicie uniemożliwia wypływ ropy lub gazu. Zjawisko to może powodować mylną ocenę braku tych surowców, gdy nie mają one tylko możliwości wpływu na skutek wadliwie dobranej płuczki (1). Znajomość zjawisk zachodzących w układzie woda—szkielet mineralny pozwoli na dobór odpowiedniego składu chemicznego płuczek wiertniczych, przy uwzględnieniu składu mineralnego przewiercanych skał.

LITERATURA

- Grabowska-Olszewska B., Myślińska E. — Analiza składu mineralnego ilów solononnych i ilolupków wraz z badanem wpływem rodzaju płuczki na niektóre fizyczno-mechaniczne własności tych ilów. Opracowanie dla PG w Warszawie, maszynopis, 1971.
- Myślińska E. — Chemizm roztworów porowych gruntów spoistych o różnej genezie. Kwart. geol., 1972, nr 1.
- Myślińska E. — Wody porowe gruntów spoistych. Biul. geol. UW, t. 17, 1974.
- Wiklander L. — Cation and anion phenomena. Chemistry of the Soil. New York, 1964.
- Złoczewska R. I. — Swiazannaja woda w glinistych gruntach. Moskwa, 1969.
- Złoczewska R. I., Korolew W. A., Aleksiejenko G. P. — Rol koncentracji porowego roztworu pri formowaniu fiziko-chemicznych swojstw glinistych gruntow. Mat. Ws. Konf. Wlijanie porowych wod na fiziko-mechaniceskije swojstwa porod. Kijew, 1974.

РЕЗЮМЕ

На основании исследования поровых вод и их влияния на физикомеханические свойства связанных грунтов, в которых они выступают (Е. Мыслинска 1972, 1974), отмечена зависимость между минерализацией поровых вод и некоторыми физико-механическими свойствами этих грунтов. Исследованиями установлено существование этой зависимости (рис. 1) и направления изменений вызванных другими факторами (гранулометрия, минеральный состав), которые также оказывают влияние на физико-механические свойства связанных грунтов.

Для лучшего определения влияния поровых вод на изменение избранных физико-механических свойств грунтов (предел текучести, эдометрический модуль объемной упругости паст на пределе текучести) исключено эти факторы, проводя модельные испытания на двух избранных образцах: бентонита и застойных глин (рис. 2), применяя в качестве взаимодействующего раствора дистиллированную воду и растворы MgSO_4 и NaCl с разной концентрацией. На основании результатов исследований установлено, что повышение концентрации соли в поровой воде вызывает повышение прочности грунтов, которую в описываемых испытаниях характеризуют величина предела текучести и сжимаемость (табл. 1, 2, рис. 3—5).