

OCENA FIZYCZNO-MECHANICZNYCH WŁASNOŚCI BENTONITÓW OKOLIC JAWORA NA PODSTAWIE BADAŃ PRZEPROWADZONYCH RÓŻNYMI METODAMI

1. WSTĘP

Bentonity, ze względu na niewielkie ich rozprzestrzenienie w Polsce, nie stanowiły dotychczas bezpośrednich zainteresowań geologii inżynierskiej. Ostatnie odkrycia, udokumentowanie szeregu złóż tego surowca na Górnym Śląsku, na południowym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich i związane z tym problemy eksploatacji, stawiają przed geologią inżynierską zadanie określenia własności fizyczno-mechanicznych tych gruntów i wpływu tych własności na stateczność zboczy przyszłych kopalń odkrywkowych. Również występowanie wkładek bentonitowych w ilach krakowickich i utworach fliszowych może mieć duży wpływ na inżyniersko-geologiczne warunki budowy kopalń odkrywkowych w rejonie Tarnobrzegu, jak i przy wznoszeniu obiektów budownictwa wodnego na fliszu karpackim.

Prowadzenie badań inżyniersko-geologicznych w rejonach występowania bentonitów związane jest z dużymi trudnościami, gdyż dotychczas dla tych gruntów nie wypracowano odpowiednich metod badawczych. Obecnie stosowane metody badań laboratoryjnych w związku z charakterystycznymi cechami bentonitów w wielu przypadkach nie dają właściwych rezultatów. Na problem ten zwrócono uwagę przy inżyniersko-geologicznym opracowaniu rejonu złoża bentonitów „Jawor” koło Pińczowa. Występujące w rejonie Jawora bentonity związane są z utworami mioceńskimi niecki nidziańskiej i, jak stwierdzono, występują w trzech poziomach. Poziomy te stanowią przewarstwienia w serii naprzemianległych utworów litych, spoiстых i sypkich.

Poziom I nie stanowi warstwy ciągłej, występuje bezpośrednio pod glebą lub na niewielkiej głębokości od powierzchni terenu w strefie zwietrzelinowej, zaburzony spływowo. Wykształcony jest w postaci glin pylastych, glin pylastych ciężkich, glin oraz łów.

Poziom II daje na ogół warstwę ciągłą. Maksymalna stwierdzona głębokość zalegania stropu tego poziomu wynosi 6,8 m, minimalna 0,7 m. Miąższość waha się od 0,4 do 1,9 m. Skała ta zależy od wilgotności posiada dużą plastyczność lub jest krucha, wyglądem przypomina wysuszone drożdże, przy dotknięciu rozpada się gruzłowato. Powierzchnia przełamu tłusta, mydlano-woskowa, tekstura bezładna lub gruzłowata.

Poziom III stwierdzono we wschodniej części złoża, strop jego znajduje się na głębokości od 6,5 do 10,5 m, miąższość zmienna w granicach od 0,2 do 0,5 m. Bentonit tego poziomu swoim wyglądem przypomina bentonit poziomu II.

W niniejszym opracowaniu, ze względu na dużą ilość badań, nie podaje się wszystkich wyników, a tylko wybrane, charakterystyczne głównie dla poziomu II i częściowo III.

2. CHARAKTERYSTYKA MINERALOGICZNO-PETROGRAFICZNA

Skład mineralny bentonitów został określony na podstawie następujących analiz (własnych oraz uzyskanych z P. G. Kraków): termicznej (różnicowej i wagowej), barwnikowej, rentgenograficznej i elektronomikroskopowej.

UKD 553.661.6:624.131.221:624.131.43(438.132-202 Jawor-k. Pińczowa)

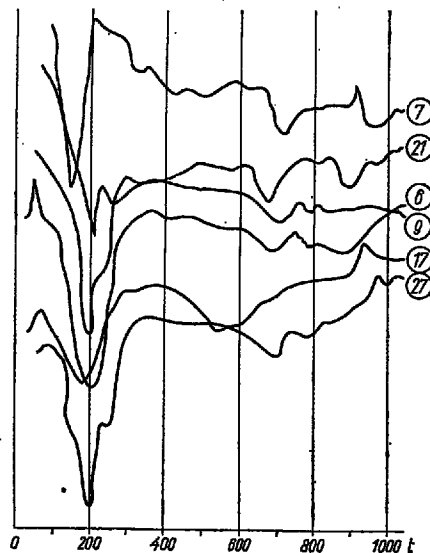
Z uzyskanych danych wynika, że główny składnik bentonitów: poziomu II i III stanowią minerały grupy montmorylonitu (montmorylonit Ca) i illitu z dużą domieszką węglanu wapnia i uwodnionych tlenków żelaza, poziomu I — minerały grupy illitu i montmorylonitu. Charakterystyczne termogramy przedstawiono na ryc. 1.

Analiza mikroskopowa wykazała, że bentonity okolic Jawora charakteryzują się strukturą pelitową i bezładną teksturą. Materiał okrucowy stanowi przeważnie kwarc i skalenie, węglan wapnia występuje w formie nieregularnych skupień i posiada budowę krystaliczną. Wokół materiału okrucowego obserwowano biotyt, muskowitz i hydromiki. W ilościach śladowych występują plagioklasy, mikroklin, krzemionka typu chalcedonu oraz glaukonit w formie owalnych zielonych agregatów o strukturze mikrokrystalicznej.

3. WŁASNOŚCI FIZYCZNO-MECHANICZNE

Badanie własności fizyczno-mechanicznych bentonitów przeprowadzono na 89 próbkach, pobranych głównie z poziomu II i częściowo z poziomu III. W trakcie przeprowadzania badań okazało się, że przy oznaczaniu niektórych parametrów metodami normowymi nie uzyskuje się poprawnych wyników i dla gruntów tych należy przeprowadzić badania specjalne.

Z dużymi trudnościami spotkano się przy oznaczaniu granicy plastyczności, granicy płynności i składu granulometrycznego. Trudności te wiązały się przede wszystkim ze zjawiskami fizyczno-chemicznymi zachodzącymi w gruncie w trakcie badania normowego, powodując niezgodność przebiegu badania z założeniami normowymi.



Termogramy bentonitów z Jawora.
7, 21 itd. — numery próbek

Tabela 1

Nr próbki, Nr poziomu	Skład granulometryczny								Wilgotność naturalna %	Ciężar właściwy G/cm ³	Ciężar objętościowy G/cm ³	Konsystencja								Główny składnik mineralny
	Analiza areometryczna + szkło wodne				Analiza pipetowa + piro- fosforan potasu wg 3.2.4.							Oznaczenie normowe				Plastomierz L. Wysokińskiego (II)				
	⊙ > 0,05 (mm)	⊙ 0,05 — — 0,002 (mm)	⊙ < 0,002 (mm)	rodzaj gruntu	⊙ > 0,05 (mm)	⊙ 0,05 — — 0,002 (mm)	⊙ < 0,002 (mm)	rodzaj gruntu				W _i	W _p	I _i	A*	W _i	W _p	I _i	A*	
	(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)					(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)		
7,II	5,0	75,0	20,0	glina pylas- ta	3,0	64,4	32,6	ii py- lasty	88,08	2,44	1,51	105,0	44,5	0,44	0,94	105,0	75,0	0,43	0,92	montmo- rylonit + illit
17,III	2,0	90,0	8,0	pył	12,5	57,3	30,2	ii py- lasty	76,39	2,26	1,65	79,3	68,2	0,74	0,37	95,0	57,5	0,50	1,24	montmo- rylonit + illit
3,II	20,0	68,0	12,0	glina pylas- ta	13,0	62,8	24,2	glina pylas- ta ciężka	41,25	2,22	1,69	90,5	65,1	0,93	1,05	102,5	48,5	0,13	2,23	—
6,II	4,0	78,0	18,0	glina pylas- ta	3,0	71,8	76,0	glina pylas- ta ciężka	61,79	2,39	1,75	85,4	63,3	0,07	0,85	103,5	48,5	0,24	2,12	montmo- rylonit + illit
9,II	7,0	85,0	8,0	pył	5,0	73,0	22,0	glina pylas- ta ciężka	62,58	2,39	1,46	97,0	64,1	0,05	1,04	97,0	46,0	0,32	2,32	montmo- rylonit
15,II	14,7	75,5	9,8	pył	12,5	65,1	22,4	glina pylas- ta ciężka	59,65	2,39	1,50	97,4	57,9	0,04	1,78	—	—	—	—	—
27,II	10,0	76,0	14,0	glina pylas- ta	3,5	69,8	26,7	glina pylas- ta ciężka	72,01	2,10	1,75	75,5	39,8	0,90	1,39	—	—	—	—	montmo- rylonit
21,III	59,0	34,0	7,9	pył płasz- czys- ty	24,8	56,1	19,1	glina pylas- ta	56,30	2,25	1,60	78,5	38,4	0,45	2,09	80,9	32,5	0,51	2,49	montmo- rylonit

Oznaczenia zostały przyjęte zgodnie z zaleceniami IV Kongresu Międzynarodowego Mechaniki Gruntów i Fundamentowania — Londyn 1957. Wskaźnik aktywności.

Poza tymi oznaczeniami wykonano badania specjalne, takie, jak: określenie maksymalnej wilgotności pod obciążeniem oraz badanie zależności kąta tarcia wewnętrznego (φ) i spójności (c) od wilgotności (W). Potrzeba przeprowadzenia tych badań uwarunkowana była przede wszystkim wysoką hydrofilnością omawianych gruntów.

3.1. PODSTAWOWE WSKAŹNIKI FIZYCZNE

Podstawowe wskaźniki fizyczne przedstawiają się następująco:

3.1.1. Wartości ciężaru właściwego wynoszą dla poziomu II średnio 2,39 G/cm³, poziomu III 2,25 G/cm³.

3.1.2. Wartości ciężaru objętościowego przy wilgotności naturalnej dla poziomu II wynoszą średnio 1,71 G/cm³, dla poziomu III 1,62 G/cm³, porowatość i wskaźnik porowatości dla poziomu II 55%; 1,25 i odpowiednio dla poziomu III 56,5%, 1,31.

3.1.3. Średnie wartości wilgotności naturalnej dla poziomu II wynoszą 52,19% (przy stopniu wilgotności od 0,90 do 1,57), dla poziomu III 66,65% (przy stopniu wilgotności od 1,06 do 1,62).

3.1.4. Czas rozmakania próbek o wilgotności naturalnej dla poziomu II waha się od 15' do 144h i więcej, dla poziomu III od 30' do 144h i więcej.

3.1.5. Czas rozmakania próbek w stanie powietrzno-suchym dla poziomu II waha się od 5' do 1h 30' i dla poziomu III od 5' do 15'.

3.1.6. Wartość maksymalnej wilgotności pęcznienia dla poziomu II waha się od 126 do 180%, a wskaźnik pęcznienia wynosi od 28,9% do 53%.

3.2. SKŁAD GRANULOMETRYCZNY

Oznaczenie składu granulometrycznego bentonitów przeprowadzono następującymi metodami:

3.2.1. Metodą areometryczną (normową) przy użyciu 0,5 ml 20% roztworu sodowego szkła wodnego (10).

3.2.2. Metodą pipetową przy użyciu również szkła wodnego (6).

3.2.3. Metodą pipetową przy użyciu 10 ml 20% pirofosforanu potasu (6).

3.2.4. Metodą pipetową po uprzednim zadaniu próbki gruntu pirofosforanem potasu.

Wszystkich oznaczeń dokonano na próbkach o wilgotności naturalnej, czas gotowania zawiesiny wynosił około 30 minut. Przy stosowaniu metody nr 3.2.1, 3.2.2. otrzymano wyniki zbliżone, a wyniki różnice spowodowane były błędami związanymi z dokładnością przeprowadzenia badania. Przeprowadzając oznaczenie

Tabela II

Nr próbk.	Pęcznienie		Rozmakanie		Koloidalność wg Tumańskiego N (%)	Maksymalna wilgotność przy obciążeniu				Wytrzymałość na ścinanie		
	Wilgotność pęcznienia (%)	Wskaźnik pęcznienia $\frac{V - V_p}{V_p} \cdot 100$ (%)	próbek o naturalnej wilgotności	próbek w stanie powietrzno-suchym		Wilgotność początkowa (%)	1 kG/cm ² (%)	2 kG/cm ² (%)	3 kG/cm ² (%)	Próbki o nienaruszonej strukturze		
										Wilgotność ścinania	φ	kG/cm ²
3, II	126,0	32,7	15'	5'	24,5	25,8	66,0	53,5	42,5	—	—	—
6, II	180,0	28,9	15'	5'	22,4	34,6	66,5	54,5	48,5	51,6	5,5°	0,50
9, II	129,0	53,0	30'	15'	21,4	38,4	74,7	60,5	47,5	56,2	5,5°	0,40
15, II	132,0	34,5	45'	10'	21,6	—	—	—	—	47,5	4,7°	0,50
27, II	148,0	37,7	1h	15'	30,0	30,5	70,2	58,4	45,4	38,0	7,0°	0,75
21, III	128,0	40,2	30'	5'	20,6	—	—	—	—	—	—	—

metodą nr 3.2.3. w trakcie badania (ok. 8 godz. od chwili rozpoczęcia) zauważono w zawieszynie nieliczne drobne agregaty.

W celu ustalenia kolejności i proporcji w dodawaniu stabilizatora przeprowadzono szereg prób z pirofosforanem potasu, w wyniku których okazało się, że największy wpływ na wyeliminowanie koagulacji ma odpowiednie przygotowanie próbki gruntu do badania (metoda nr 3.2.4).

W wyniku serii doświadczeń ustalono następujący przebieg badania. Odważoną, przeznaczoną do badania próbkę zalewano 10 ml wody destylowanej, a następnie po wymieszaniu dodawano 2 ml 20% roztworu pirofosforanu potasu i pozostawiano na przeciąg 30 min. Następnie po oddzieleniu frakcji mniejszej od 0,2 mm, dodawano przed i po gotowaniu zawiesiny, po 4 ml stabilizatora. Zawartość frakcji łąkowej przy zastosowaniu metody nr 3.2.4 w porównaniu z uzyskanymi wynikami, stosując metodę nr 3.2.1, wzrosła średnio o ok. 50%, a wzrost ten odbył się głównie kosztem zmniejszenia zawartości frakcji pyłowej. W związku z tym nastąpiła zmiana określenia rodzaju gruntu. W dalszej części opracowania przyjęto rodzaje gruntów określone na podstawie danych metody 3.2.4.

Z przeprowadzonych badań wynika, że nie tylko suszenie próbek w temp. 105°C oraz gotowanie zawiesin, na co zwraca uwagę A. Piaskowski (9) i A. Langer-Kuźniarowa (4), ma wpływ na wyniki analizy granulometrycznej, lecz zależą one również od rodzaju, a szczególnie od odpowiedniego dawkowania stabilizatora. Wyniki analiz przedstawiono w tabeli I.

KONSYSTENCJA

Oznaczenie konsystencji przeprowadzono dwoma metodami: metodą normową (10) oraz przy zastosowaniu plastomierza L. Wysokińskiego (11). Wartości granic płynności uzyskane w plastomierzu są ogólnie wyższe od wyników uzyskanych metodą normową i wynoszą od 80% dla glin pylastych do 105% dla łąkowych.

Przy określaniu granicy płynności metodą normową, często zamiast płynięcia gruntu obserwowano jego zślizgiwanie się po powierzchni miseczek aparatu A. Casagrande'a, co powodowało obniżenie wartości uzyskiwanych wyników. Wartości granicy plastyczności uzyskane w plastomierzu są ogólnie niższe od oznaczeń wykonanych metodą normową i zamykają się w granicach od 32% — glina pylasta do 75% — łąka pylasta (tab. I).

Podwyższenie wartości granic plastyczności uzyskiwane dla badanych bentonitów za pomocą metody normowej należy tłumaczyć cechami strukturalnymi tego gruntu. Grunt ten w trakcie wałeczkowania kruszy się i pęka, co zgodnie z normą świadczyłoby o wilgotności równej lub mniejszej od granicy plastyczności. Jednak podczas ponownego oznaczania na tej samej próbce, bardzo często udaje się zrobić kilka

wałeczkowań, zanim znów wałeczek popęka. Zdarza się również, że ten sam wałeczek po raz trzeci daje się wałeczkować.

Przedstawione fakty świadczą, że stosowanie zaleceń normowych przy wyznaczaniu granicy plastyczności i płynności, w przypadku bentonitów, obarczone jest dużymi błędami.

Ze wskaźnikiem plastyczności i zawartością frakcji łąkowej wiąże się, określony przez Skempton'a, wskaźnik aktywności koloidalnej. Wskaźnik ten określa zdolność gruntu do pochłaniania wody i pozwala wnioskować o składzie mineralnym i aktywności fizykochemicznej frakcji łąkowej. Z tego też względu jest on szczególnie ważny dla bentonitów. Zależnie od metody badania składu granulometrycznego i konsystencji, wartości wskaźnika aktywności w znacznym zakresie zmieniają się (tab. I). Biorąc pod uwagę wyniki konsystencji uzyskane przy użyciu plastomierza i zawartości frakcji łąkowej, oznaczoną metodą nr 3.2.4., wskaźnik ten waha się od 0,92 do 2,49. Zgodnie z podziałem Skempton'a ogólnie badane grunty można zaliczyć do gruntów o wysokiej aktywności z tym, że większość z nich posiada aktywność montmorylonitu Ca.

3.4. BADANIA SPECJALNE

W celu zbliżenia warunków badań laboratoryjnych do warunków naturalnych, w jakich znajduje się lub będzie znajdować się w przyszłości badany grunt, wprowadzono i określono tzw. „maksymalną wilgotność przy obciążeniu” oraz podano zależności między kątem tarcia wewnętrznego (φ) i spójnością (c), a wilgotnością (W).

Maksymalna wilgotność przy obciążeniu jest to wilgotność, jaką może osiągnąć grunt nawilgaczany, będący pod określonym obciążeniem. Oznaczenie maksymalnej wilgotności przy obciążeniu przeprowadzono w edometrach na próbkach o nienaruszonej strukturze i określonej wilgotności początkowej. Poszczególne próbki tego samego gruntu poddano całkowitej konsolidacji przy obciążeniach 1, 2 i 3 kG/cm², a następnie nie zmieniając obciążenia nasycono wodą destylowaną. Przebieg zmian wysokości próbek był rejestrowany przez czujniki. Po ustaleniu się wskazań czujników (różnica odczytów w ciągu 48h nie większa niż 0,002 mm) określono wilgotność badanych próbek, przyjmując, że przy tej wilgotności próbka pod wpływem wody nie zmienia swej wysokości — nie przyjmuje większych ilości wody.

Jak wynika z badań, stopniowo wraz ze wzrostem obciążenia maleje maksymalna wilgotność próbek. Przy obciążeniu 1 kG/cm² największa wartość maksymalnej wilgotności wynosiła 74,7%, przy 3 kG/cm² — 48,5% (tab. II). Porównując uzyskane wyniki z wartościami wilgotności pęcznienia okazuje się, że maksymalna wilgotność przy obciążeniu 1 kG/cm² jest około 2 razy

mniej od wilgotności pęcznienia; przy obciążeniu 2 i 3 kG/cm² różnica ta jest jeszcze bardziej widoczna.

Badanie to ma duże znaczenie przy określaniu stateczności zboczy, dla których istnieje konieczność uwzględniania zmian hydrogeologicznych zachodzących w maszywie skarpy (chodzi tu przede wszystkim o maksymalne wilgotności, jakie może osiągnąć grunt znajdujący się w warunkach naturalnych pod obciążeniem nadkładu).

Uwzględniając również te zmiany określono wpływ wilgotności na podstawowe własności mechaniczne tych gruntów — wartość kąta tarcia wewnętrznego (φ) i spójność (c). Badanie przeprowadzono w aparacie trójosiowym na próbkach o teksturze naruszonej oraz w celu porównania wyników na próbkach o teksturze nienaruszonej, uprzednio poddając je konsolidacji. Przeprowadzając dla poszczególnych próbek po kilka oznaczeń φ i c przy różnych wilgotnościach można było ustalić zależność granicznej wartości kąta tarcia wewnętrznego od wilgotności oraz zależności spójności od wilgotności. Porównując wyniki wartości φ i c dla próbek o nienaruszonej teksturze i próbek o naruszonej teksturze, przy tej samej wilgotności (dla określonego rodzaju gruntu), można określić różnicę między tymi wartościami: dla bentonitów wynosi ona w przypadku kąta tarcia wewnętrznego (φ) około 1°30', spójności (c) około 0,2 kG/cm² i odpowiednio ją uwzględnić w obliczeniach inżyniersko-geologicznych.

Metody badań, szczegółowe wyniki i analiza tych wyników stanowią treść osobnej pracy (2).

UWAGI KOŃCOWE

Z wyżej wymienionych badań nasuwają się następujące wnioski:

1. Oznaczanie składu granulometrycznego, granicy plastyczności i płynności metodami normowymi w przypadku bentonitów obarczone jest dużymi błędami;

2. W celu właściwej charakterystyki bentonitów należy stosować metody, uwzględniające specyficzne własności bentonitów wpływające na przebieg badania;

3. Ze względu na szereg charakterystycznych własności bentonitów, wyraźnie różniących je od innych gruntów spoistych proponuje się wprowadzenie do normowej klasyfikacji gruntów budowlanych (10) w klasie gruntów nielitych oddzielnej grupy „gruntów wysoko hydrofilnych”, podobnie jak ma to miejsce w przypadku gruntów makroporowatych i organicznych. Wydzielenie takie byłoby celowe ze względu na:

SUMMARY

The present paper gives the results of the researches of physic-mechanical properties of the bentonites occurring in the vicinities of Jawór. During examinations, standard methods of determining the granulometric composition of plasticity and fluidity boundaries for bentonites have critically been analyzed to show that the results obtained by means of these methods are laden with errors. In this connection, a pipette method has been applied during determination of granulometric composition, under an adequate treatment of the sample with stabilizer, whereas the examinations of consistency were made in plastometer of L. Wysokiński.

In addition, the paper presents the results of special laboratory examinations which were carried on under natural conditions characteristic of the ground considered. These are: maximum humidity under loading, and interdependence between the internal friction angle and cohesion and the humidity.

On account of a number of characteristic features of the bentonites, and of a necessity of using the adequate non-normalized research methods, the authors propose to introduce into the building ground classification a separate group of hydrophilic grounds within the class of non-cohesive grounds.

— konieczność stosowania dla bentonitów innych, nie normowych metod określania wymienionych uprzednio wskaźników fizycznych,

— wpływ bentonitów na własności podłoża budowlanego, szczególnie budowli wodnych oraz stateczność zboczy.

Na podstawie dotychczasowych badań, jako kryteria wydzielenia tej grupy gruntów, proponuje się stosować takie wskaźniki, jak: wilgotność pęcznienia (wskaźnik pęcznienia), wskaźnik aktywności. Biorąc pod uwagę kryteria podane przez A. W. Skemptona oraz własne doświadczenia, proponuje się jako wartość graniczną przy wydzieleniu gruntów wysoko hydrofilnych przyjmując wielkość wskaźnika aktywności $\geq 1,5$.

LITERATURA

1. Awidon W. A. — Przedwariantielnye ispytaniya glin w polewykh usloviyakh. 1963.
2. Drągowski A., Kaczyński R. R. — Wpływ wilgotności na własności mechaniczne bentonitów okolic Jawora (praca niepublikowana).
3. Guillot R. — Interpretation des propriétés géotechniques des orgiles par la théorie des colloïdes. Routes nr 378, 1963.
4. Langer-Kuźniarowa A. — Wpływ stabilizatorów na substancję ilastą w analizie granulometrycznej. Kwart. geol. 1961, t. 5, nr 1.
5. Lehmann H. — Die Differentialthermoanalyse Tonindustrie. Zeitung und Keramische Rundschau B. 1, 1954.
6. Myślińska E., Szyszło D. — Pracownia gruntoznawcza. Część II. 1963.
7. Orcel J. — Mineralogie des argiles, 1963.
8. Paszyc-Stępkowska E. — Wpływ rodzaju jonu wymiennego na właściwości fizyko-chemiczne bentonitu. Arch. Hydrotechniki. 1960. T. VII, nr 2.
9. Piaskowski A. — Sprawdzenie metody oznaczania składu granulometrycznego gruntów wg Rutkowskiego. Inż. i Bud. 1951, nr 5.
10. Polskie Normy — PN-54/B-02480; Grunty budowlane. Klasyfikacja, 1954; PN-55/B-04483; Grunty budowlane. Badania właściwości fizycznych. Analiza areometryczna, 1955; PN-57/B-04489; Grunty budowlane. Oznaczenie granicy płynności, 1957; PN-59/B-04490; Grunty budowlane. Oznaczenie granicy plastyczności, 1959.
11. Wysokiński L. — Characteristic of cohesive soil relative plasticity index determined by means of plasticity gage. Proceedings of the seminar on soil mechanics and foundations engineering, 1964.

РЕЗЮМЕ

В работе представлены результаты исследования физико-механических свойств бентонитов района Явор. На основании данных этих исследований проводится критический анализ нормированных методов определения granulometricкого состава, предела пластичности и текучести бентонитов и доказывается, что результаты получаемые с применением этих методов включают значительные погрешности. В связи с этим для определения granulometricкого состава применялся пипеточный метод с соответствующей обработкой образца стабилизатором, а исследование консистенции производилось пластинометром Л. Высокінского.

Кроме того в работе представлены результаты специальных лабораторных исследований с учетом естественных условий, в которых находится или может находиться грунт. К ним относятся максимальная влажность под нагрузкой и зависимость угла внутреннего трения и спайности от влажности.

В связи с рядом характерных свойств бентонитов и необходимостью применения ненормированных методов исследований, авторы предлагают ввести в класс неплотных грунтов классификации строительных грунтов группу гидрофильных грунтов.