

MAKROSKOPOWY PARADOKS AGREGACJI UTWORÓW LESSOWYCH I LESSOPODOBNYCH

UKD 552.524.085+624.131.23.085+552.524'123+624.131.431.6+548.2(438)

Badania makroskopowe, zwane inaczej megaskopowymi, stanowią niezbędną, wyjściową podstawę do dalszych badań skał (gruntów) i zachodzących w nich zmian. Z reguły makroskopowo rozpoznane różnice badanej masy skalnej lub gruntowej stają się podstawą do wydzielenia różnych jej części. Dalsze badania ukierunkowuje się najczęściej w celu potwierdzenia makroskopowo dokonanych wydzieleni i ich dokładniejszej, pełniejszej charakterystyki, a rzadziej ustawia tak, aby na podstawie wyników dalszych badań (zwłaszcza laboratoryjnych) dokonać pierwszych, głównych wydzieleni badanej masy skalnej lub gruntowej. Stąd też znaczenie badań makroskopowych (megaskopowych), określanych jako analiza makroskopowa ma istotne znaczenie w badaniach skał lub gruntów i zachodzących w nich zmian.

Określenie rodzaju skały nieelitej (lub gruntu nieelitego), oparte jest głównie na kryterium rozdrobnienia budujących ich szkielet mineralny elementów (ziarn i cząstek). Stan rozdrobnienia elementów szkieletu gruntowego opisuje się na podstawie wyników analizy granulometrycznej, podając procentową zawartość poszczególnych frakcji. W trakcie przygotowywania próbki do wykonywania jej analizy granulometrycznej postępuje się tak, aby poprzez rozbicie agregatów osiągnąć podział szkieletu gruntowego na jego elementy składowe: ziarna i cząstki. Oczywiście, w zależności od wybranego sposobu przygotowania próbki gruntu do analizy granulometrycznej otrzymuje się różne wyniki, gdyż w różnym stopniu zachodzi w gruncie dezagregacja. Przyjęcie jednakowego, mormowego sposobu przygotowywania gruntu do analizy granulometrycznej i jednakowego normowego jej wykonania pozwala na uzyskiwanie porównywalnych wyników, chociaż *a priori* przyjąć należy, co potwierdzają badania w szczególności elektronmikroskopowe, że nie osiąga się wówczas pełnej dezagregacji gruntu spoiowego.

Występująca w naturze warstwę lub soczewkę (bryłę geologiczną) gruntu spoiowego powinno się traktować jako swojego rodzaju megaagregat. W trakcie analizy makroskopowej bada się względnie duży fragment tego megaagregatu, niszcząc jego agregatową strukturę w niewielkim tylko stopniu w porównaniu ze zniszczeniem tej struktury w trakcie przygotowań do analizy granulometrycznej i jej wykonywania. Jeśli badanie makroskopowe wykonujemy na sucho, tzn. bez przewidzianego normą zawilgocenia, ugniatania i wałeczkwania, czyli bez intensywniejszego niszczenia struktur agregatowych megaagregatu (jak to ma miejsce w przypadku normowych badań makroskopowych z zawilgoceniem, ugniataniem i wałeczkwaniem), to można oczekiwać, że odczucie w dotyku szorstkości, grubszej ziarnistości w trakcie analizy makroskopowej, wykonanej na sucho bez zawilgocenia może być większe, niż w przypadku normowej analizy makroskopowej z zawilgoceniem i wałeczkwaniem. Można również oczekiwać przesunięcia odczucia w dotyku grubszej ziarnistości, w trakcie normowej analizy makroskopowej,

w stosunku do wyników analizy granulometrycznej. Inaczej mówiąc, należy oczekiwać, że związek między wynikiem analizy makroskopowej i granulometrycznej może być stały dla danego gruntu tylko dla danego rodzaju i stopnia agregacji. Dla innego rodzaju i stopnia agregacji ziarn i cząstek gruntu o tym samym składzie granulometrycznym — w szczególności tej samej procentowej zawartości frakcji ilowej i pyłowej — zwłaszcza drobnopyłowej — związek między wynikiem analizy makroskopowej i granulometrycznej może być inny. Można by oczekiwać, że charakter tego związku określać mogą wyniki analizy agregatowej, charakteryzującej w pewnym sensie zdolność elementów szkieletu mineralnego gruntu (ziarn i cząstek) do agregacji.

Rozważania powyższe wskazują, że nie zawsze niezgodność wyników analizy makroskopowej z wynikami analizy granulometrycznej spowodowana jest niedoskonałością analizy makroskopowej i jakością jej wykonania, lecz że niezgodność ta może wynikać z agregatowej natury struktury gruntu. W praktyce badań — w tym również inżyniersko-geologicznych — z reguły przyjmuje się za miarodajne określenia rodzaju gruntu oparte na wynikach analizy granulometrycznej i bez analizowania jakości wyników analizy makroskopowej odrzuca się te ostatnie jako błędne. Wydaje się, że rozbieżności te, jeśli obie analizy wykonane zostały prawidłowo, mogą być wskaźnikiem charakteryzującym dany grunt, jego strukturę i własności.

Podstawę do powyższych rozważań stanowią wyniki przeprowadzonych w 1978 r. badań utworów lessowych i lessopodobnych, występujących na Przedgórzu Sudeckim i w Górach Świętokrzyskich (między Ćmielowem i Opatowem). Badania te wykonano w ramach realizacji prowadzonego przez doc. dr hab. E. Myślińską tematu resortowego R 503: „Ustalenie własności geotechnicznych mad oraz gruntów lessowych i lessopodobnych, z uwzględnieniem ich litologii, genezy i warunków występowania”.

Na Przedgórzu Sudeckim pobrano z szybków próbki utworów lessowych i lessopodobnych. Na podstawie wykonanej przez dr B. Budziosz, normowej analizy makroskopowej (tzn. z zawilgoceniem, ugniataniem i wałeczkwaniem) określono je jako gliny pylaste, pyły i gliny piaszczyste. Określone makroskopowo pyły, większość glin pylastych i glina piaszczysta są mało wilgotne, część glin pylastych jest wilgotna. Wszystkie grunty małowilgotne są według danych analizy makroskopowej w stanie półzwarłym, pozostałe w stanie twaroplastycznym, plastycznym i miękoplastycznym, bliskim plastycznemu. Większość próbek nie wykazuje reakcji lub są tylko jej ślady z 20% HCl; część burzy słabo i krótko; część intensywnie, lecz krótko; część intensywnie i długo. Laboratoryjne określenie procentowej zawartości dwutlenku węgla waha się w granicach od 0,35% do 7,75%.

W tabeli I zestawiono określenia rodzajów gruntów próbek utworów lessowych i lessopodobnych

ZESTAWIENIE OKREŚLEN RODZAJU GRUNTU PRÓBEK UTWORÓW LESSOWYCH I LESSOPODOBNYCH Z PRZEDGÓRZA SUDECKIEGO NA PODSTAWIE WYNIKÓW NORMOWEJ ANALIZY MAKROSKOPOWEJ (Z ZAWILGOCENIEM, UGNIATANIEM I WAŁECZKOWANIEM) ORAZ ANALIZY GRANULOMETRYCZNEJ (AREOMETRYCZNEJ)

Nr próbki	Określenie rodzaju gruntu z próbki utworu lessowego w wyniku analizy		Procentowa zawartość oznaczonych w wyniku analizy granulometrycznej frakcji		
	normy makroskopowej	granulometrycznej (areometrycznej)	piaskowej	pyłowej	iłowej
283	glina piaszczysta	glina zwięzła	48	30	22
271	glina pylasta	glina pylasta zwięzła	17	54	27
268	glina pylasta	glina pylasta zwięzła	13	65	22
281	glina pylasta	glina pylasta	10	71	19
274	glina pylasta z ziarnami	glina pylasta	17	65	18
276	glina pylasta	glina pylasta	18	65	17
270	glina pylasta z ziarnami	glina pylasta	12	71	17
272	glina pylasta z ziarnami	glina pylasta	20	64	16
273	glina pylasta	glina pylasta	17	67	16
279	glina pylasta	glina pylasta	17	67	16
284	glina pylasta	glina pylasta	11	73	16
280	glina pylasta laminowana pyłem	glina pylasta	3	85	12
282	pył	glina pylasta	13	68	19
277	pył	glina pylasta	8	74	18
269	pył	glina pylasta	15	68	17
275	pył	glina pylasta	7	78	15
278	pył	glina pylasta	7	78	15
262	pył	glina pylasta	17	70	13
265	pył	glina pylasta	17	70	13
266	pył	glina pylasta	15	73	12
263	pył	glina pylasta/pył	13	77	10
264	pył	pył	20	73	7

z Przedgórza Sudeckiego na podstawie normowej analizy makroskopowej z zawilgoceniem oraz wyników analizy granulometrycznej (areometrycznej), wykonanej przez mgr E. Hoffmann i J. Cieślak. Z tabeli tej wynika, że:

1. Jeśli próbka utworu lessopodobnego makroskopowo z zawilgoceniem określona została jako glina piaszczysta, to w wyniku analizy granulometrycznej prezentuje ona sobą glinę zwięzłą, czyli makroskopowo wydaje się bardziej piaszczysta, a mniej ilastą i pylastą, niż wykazuje to analiza granulometryczna, co może świadczyć o agregacji drobniejszych ziarn i cząstek.

2. Jeśli próbki utworu lessowego lub lessopodobnego określone zostały makroskopowo, jak wyżej zgodnie z normą, jako gliny pylaste, to w wyniku analizy granulometrycznej prezentują one również glinę pylastą; chociaż wówczas należy podkreślić, że makroskopowe odczucie wskazuje na większą piaszczystość, niż wykazana w analizie granulometrycznej; o takim odczuciu świadczy podkreślenie w opisie makroskopowym, że jest to glina pylasta z ziarnami lub laminowana pyłem.

3. Jeśli próbki utworu lessowego lub lessopodobnego określone zostały makroskopowo w sposób normowy jako pyły, to w wyniku analizy granulometrycznej prezentują one najczęściej gliny pylaste, a tylko czasami również pył, jednak względnie bliski glinie pylastej, czyli makroskopowo odczuwa się te próbki jako wyraźnie bardziej pylaste, niż ma to wskazywać dane analizy granulometrycznej, a więc makroskopowo ujawniają się one jako utwory o większej zawartości frakcji grubszych, a mniejszej zawartości frakcji iłowej.

4. Utwory lessowe i lessopodobne oznaczone w wyniku analizy granulometrycznej jako gliny zwię-

złe i gliny pylaste zwięzłe określone są odpowiednio kolejno zgodnie z normą makroskopowo jako gliny piaszczyste i gliny pylaste, a więc jako grunty o większej zawartości frakcji grubszych, a mniejszej frakcji iłowej.

5. Utwory lessowe i lessopodobne oznaczone w wyniku analizy granulometrycznej jako gliny pylaste są zgodnie z normą makroskopowo określane jako gliny pylaste i pyły.

6. Utwory lessowe oznaczone w wyniku analizy granulometrycznej jako pyły są zgodnie z normą makroskopowo oznaczone również jako pyły.

Jeszcze wyraźniej rozbieżności między określeniami rodzaju gruntu na podstawie wyników analiz: makroskopowej i granulometrycznej zaznaczają się, gdy bada się próbki gruntu w stanie powietrzno-suchym makroskopowo na sucho, bez zawilgocenia, ugniatania i wałeczkowania. W badaniach inżyniersko-geologicznych wykonuje się zawsze normową analizę makroskopową, natomiast w innych badaniach najczęściej analizę makroskopową przeprowadza się na sucho.

W Górach Świętokrzyskich pobrano do badań próbki utworów lessowych ze ścian naturalnych lub od dawna istniejących odsłoneń między Cmielowem i Opatowem. Na podstawie analizy makroskopowej, wykonanej przez mgr T. Talika na sucho (tj. bez zawilgocenia) określono pobrane próbki jako pyły piaszczyste i pyły oraz w przypadku większej zawartości silnie cementującego ziarna i cząstki szkieletu mineralnego węgla wapnia, jako swoisty odmienny od innych less wapnisty. Określone w ten sposób makroskopowo pyły piaszczyste i pyły są w większości w stanie powietrzno-suchym lub rzadziej są mało wilgotne, bliskie powietrzno-suchym. Tak więc, stan ich jest zwarty i półzwarty.

Tabela II

ZESTAWIENIE OKREŚLEŃ RODZAJU GRUNTU PRÓBEK UTWORÓW LESSOWYCH I LESSOPODOBNYCH Z GÓR ŚWIĘTOKRZYSKICH (MIĘDZY CMIELOWEM I OPATOWEM) NA PODSTAWIE WYNIKÓW ANALIZ: MAKROSKOPOWEJ NA SUCHO I GRANULOMETRYCZNEJ (AREOMETRYCZNEJ)

Określenie rodzaju próbki utworu lessowego w wyniku analizy:		Procentowa zawartość oznaczonych w wyniku analizy granulometrycznej frakcji			
makroskopowej na sucho	granulometrycznej	żwirowej	piaskowej	pyłowej	iłowej
pył piaszczysty	glina pylasta zwięzła	—	0,20	74,65	25,15
pył piaszczysty	glina pylasta zwięzła	—	15,85	59,98	24,17
pył piaszczysty	glina pylasta zwięzła	—	22,50	55,31	22,19
pył piaszczysty	glina pylasta zwięzła	—	22,65	56,35	21,00
pył piaszczysty	glina pylasta	—	29,90	57,00	13,10
pył piaszczysty	glina pylasta	—	18,10	69,90	12,00
pył	glina pylasta	—	1,70	80,40	17,90
pył	pył	—	19,09	72,51	8,39
pył	pył	—	18,96	73,59	7,45
pył	pył	—	19,22	73,44	7,34

Tabela III

ZESTAWIENIE OKREŚLEŃ RODZAJU GRUNTU PRÓBEK UTWORÓW LESSOWYCH GÓR ŚWIĘTOKRZYSKICH (MIĘDZY CMIELOWEM I OPATOWEM) NA PODSTAWIE WYNIKÓW ANALIZ: MAKROSKOPOWEJ NA SUCHO I AGREGATOWEJ

Określenie rodzaju próbki utworu lessowego w wyniku analizy:		Procentowe zawartości oznaczonych w wyniku analizy agregatowej frakcji			
makroskopowej na sucho	agregatowej	żwirowej	piaskowej	pyłowej	iłowej
pył piaszczysty	pył bliski pyłowi piaszczystemu	—	29,68	66,24	4,08
pył piaszczysty	pył piaszczysty	1,67	54,65	41,96	1,72
pył piaszczysty	pył piaszczysty	1,87	55,37	37,15	5,61
pył piaszczysty	pył piaszczysty	—	55,84	40,53	3,63
pył piaszczysty	pył piaszczysty	0,20	41,60	57,79	0,41
pył piaszczysty	pył piaszczysty	—	38,83	55,63	5,54
pył	pył	—	21,24	74,11	4,65
pył	pył	—	21,08	77,24	1,68
pył	pył	—	27,07	71,40	1,53
pył	pył	—	29,64	67,21	3,15

W tabeli II zestawiono określenia rodzajów gruntów próbek lessowych z Gór Świętokrzyskich na podstawie analizy makroskopowej, wykonanej na sucho oraz wyników analizy granulometrycznej (areometrycznej), wykonanej przez mgr T. Talięka:

1. Jeśli próbki utworu lessowego oznaczone zostały makroskopowo na sucho, jako pył piaszczysty, to w wyniku analizy granulometrycznej mogą być one określone jako glina pylasta zwięzła i rzadziej jako glina pylasta, a więc jako utwory w rzeczywistości o znacznie większej zawartości frakcji iłowej i o znacznie mniejszej zawartości frakcji piaskowej, niż to wynika z makroskopowego odczucia piaszczystości utworu podczas badań terenowych.

2. Jeśli próbka utworu lessowego oznaczona została makroskopowo na sucho jako pył, to na podstawie wyników analizy granulometrycznej może być ona określona również jako pył, a także rzadziej jako glina pylasta, a więc makroskopowo odczucie piaszczystości wydaje się tu bardziej odpowiadać zawartości frakcji piaskowej, oznaczonej w wyniku analizy granulometrycznej.

3. Utwory lessowe, oznaczone w wyniku analizy granulometrycznej jako gliny pylaste zwięzłe, określane są makroskopowo na sucho zawsze jako pyły piaszczyste, a więc jako utwory o znacznie mniejszej frakcji iłowej i dużej zawartości frakcji piaskowej.

4. Utwory lessowe, oznaczone w wyniku analizy granulometrycznej jako gliny pylaste, określone były makroskopowo na sucho jako pyły piaszczyste i pyły, a więc jako utwory o mniejszej zawartości frakcji iłowej; przy czym zmniejszenie ilastości wydaje się mniejsze, niż w przypadku granulometrycznie określonych glin pylastych zwięzłych.

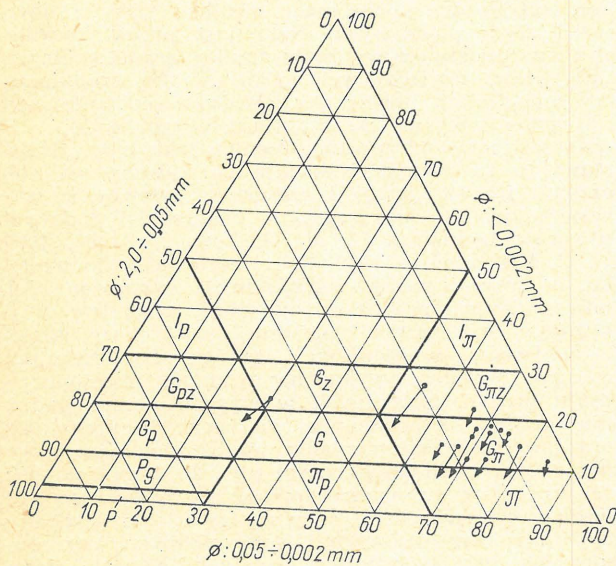
5. Utwory lessowe oznaczone w wyniku analizy granulometrycznej jako pyły, określone były makroskopowo na sucho również jako pyły.

Tak więc, makroskopowo na sucho i po nawilgoceniu odczucie próbek utworów lessowych w stosunku do ich określenia na podstawie wyników analizy granulometrycznej jest przesunięte w kierunku makroskopowego odczucia ich nie mniejszej (tzn. większej lub co najmniej równej, jak w przypadku pyłów) piaszczystości. To przesunięcie znajduje łatwe swoje wyjaśnienie w fakcie występowania utworów lessowych (tak jak i innych gruntów spoistych) nie w postaci mieszaniny ziarn i cząstek, na jakie rozbiła się skała (grunt) w trakcie przygotowywania i wykonywania analizy granulometrycznej, a w postaci zespołu różnej wielkości w różny sposób ze sobą połączonych agregatów. Zwiększone odczucie piaszczystości podczas analizy makroskopowej wynika więc z obserwowania i odczuwania większych agregatów, które w wyniku przygotowywania i wykonywania analizy granulometrycznej, rozbiła się na mniejsze elementy składowe, zmieniając przez to stan naturalnej agregacji gruntu.

Rozważania te potwierdzają wyniki analizy agregatowej, wykonanej częściowo przez T. Talięka według sposobu przyjętego w Zakładzie Geologii Inżynierskiej Instytutu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Warszawskiego, a opracowanego przez B. Andrzejewszaka (1974, 1977). Analizę tę przeprowadzono w następujący sposób: próbkę utworu lessowego o strukturze nienaruszonej i wilgotności naturalnej (bliskiej lub równej stanowi powietrzno-suchemu) po podzieleniu na kostki o ciężarze około 30 G umieszczono w zamkniętych pudełkach na przeciąg kilku lub kilkunastu dni. Na-

ZESTAWIENIE OKREŚLEŃ RODZAJU GRUNTU PRÓBEK UTWORÓW LESSOWYCH Z GÓR ŚWIĘTOKRZYSKICH (MIĘDZY CMIELOWEM I OPATOWEM) ORAZ RÓŻNIC PROCENTOWYCH ZAWARTOŚCI FRAKCJI AGREGATOWYCH I GRANULOMETRYCZNYCH W TYCH SAMYCH PRÓBKACH

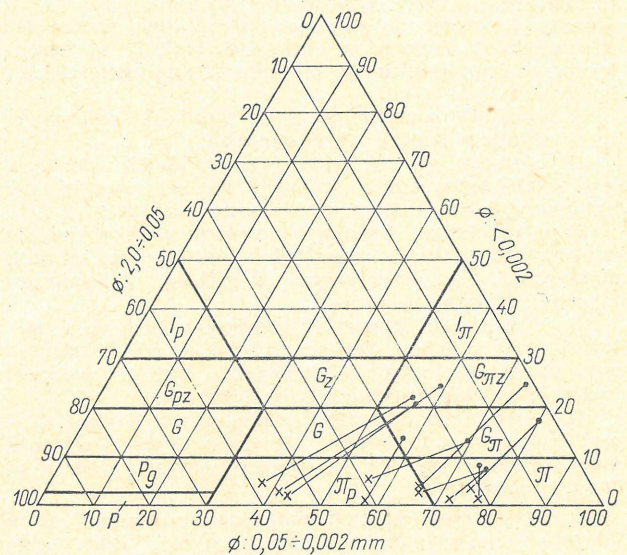
Różnice określenia rodzaju utworu lessowego w wyniku analiz agregatowych i granulometrycznych	Różnice procentowych zawartości agregatowych i granulometrycznych frakcji			
	żwirowej	piaskowej	pyłowej	iłowej
pył piaszczysty — glina pylasta zwięzła	—	29,48	-8,41	-21,07
pył piaszczysty — glina pylasta zwięzła	1,67	38,80	-18,02	-22,45
pył piaszczysty — glina pylasta zwięzła	1,87	32,87	-18,16	-16,58
pył piaszczysty — glina pylasta zwięzła	—	33,19	-15,82	-17,37
pył piaszczysty — glina pylasta	0,20	11,70	0,79	-12,69
pył piaszczysty — glina pylasta	—	20,73	-14,27	-6,46
pył — glina pylasta	—	19,54	-6,29	-13,25
pył — pył	—	1,99	4,73	-6,71
pył — pył	—	8,11	-2,19	-5,92
pył — pył	—	10,42	-6,23	-4,19



Ryc. 1. Kierunki przesunięcia oznaczeń rodzaju gruntu w wyniku analizy makroskopowej (normowej z zawilgoceniem, ugniataciem i wałeczkowaniem) w stosunku do oznaczeń rodzaju gruntu na podstawie wyników analizy granulometrycznej wskazują strzałki. Czarne kółka — wyniki analizy granulometrycznej. Czarne punkty bez strzałki oznaczają zbieżność określenia rodzaju gruntu w wyniku obu analiz (granulometrycznej i makroskopowej).

Fig. 1. Directions of shifts in identifications of soil types on the basis of results of macroscopic analyses (normative, after moisturing, pressing, and rolling up), in relation to those based on results of granulometric analysis, shown by arrowheads. Solid circles — results of granulometric analysis. Solid circles without arrow — convergence of identifications based on both method (granulometric and macroscopic).

stopnie określono wilgotność próbki, dzielono ją na 2 części i jedną z nich poddawano analizie agregatowej po kapilarnym nasyceniu jej wodą, przez dolewanie stopniowo wody do naczynka, doprowadzono do całkowitego zanurzenia w wodzie. Probka rozmakała w ciągu kilku dni. Jeśli po upływie kilku dni probka nie rozpadła się nawet po lekkim wstrząśnięciu przerywano rozmakanie. Następnie próbkę przenoszono do cylindra litrowego, do którego wlewano 1 l wody destylowanej. Zawartość cylindra (tj. rozmokniętą próbkę i wodę) mieszano 20-krotnie, obracając cylinder o 180°. Z powstałej w ten sposób zawiesiny wykonywano analizę areometryczną, a następnie sitową. Po wykonaniu analizy areometrycznej przelewano zawartość cylindra przez zestaw



Ryc. 2. Kierunki przesunięcia oznaczeń rodzaju gruntu w wyniku analizy makroskopowej (na sucho, bez zawilgocenia), agregatowej i granulometrycznej. Czarne kółka — wyniki oznaczeń analizy granulometrycznej, krzyżyki — wyniki oznaczeń analizy agregatowej. Zgodność oznaczeń rodzaju gruntu w wyniku analizy makroskopowej na sucho i agregatowej.

Fig. 2. Directions of shifts in identifications of soil types on the basis of macroscopic (in dry state, without moisturing), aggregate, and granulometric analyses. Solid circles — results of granulometric analysis, crosses — results of aggregate analysis. Convergence of identifications of soil types with the use of dry-state macroscopic and aggregate analyses.

sit o średnicach: 8,00; 5,00; 2,00; 0,75; 0,50; 0,20; 0,10; 0,08; 0,05; 0,04 mm. Po wysuszeniu pozostałych na sitach próbek w temperaturze 105°C do stałego ciężaru, ważono i obliczano procentową zawartość frakcji agregatowych w stosunku do ciężaru suchej próbki wziętej do analizy agregatowej. Wyniki analizy agregatowej podano w tabeli III. W tabeli tej podano również, jak określiliby się rodzaj utworu lessowego, gdyby składał się on nie z ziarn i cząstek, na jakie został rozbit w trakcie przygotowywania i wykonywania analizy granulometrycznej, a agregatów, jakie wydziela się w wyniku analizy agregatowej i porównano określenia rodzaju próbek utworu lessowego otrzymane w wyniku analizy makroskopowej i agregatowej. Z tabeli III wynika, że:

1. Określone makroskopowo na sucho jako pył piaszczysty próbki utworów lessowych na podstawie wyników analizy agregatowej mogłyby być nazwane, przyjmując jej skład agregatowy jako kryterium klasyfikacyjne, jako pył piaszczysty lub pył (jednak bliski pyłowi piaszczystemu).

2. Określone makroskopowo na sucho jako pył próbki utworów lessowych mogą być nazwane na podstawie wyników analizy agregatowej nadal pyłem.

Tak więc, obserwuje się w przypadku badanych próbek utworów lessowych znacznie większą zgodność między nazwami rodzajów próbek określonych na podstawie wyników analiz: makroskopowej na sucho i agregatowej, niż w przypadku porównania ich nazw opartych na wynikach analiz: makroskopowej na sucho i granulometrycznej.

W tabeli IV zestawiono różnice między procentowymi zawartościami poszczególnych frakcji w tych samych próbkach, uzyskiwanymi w wyniku analiz: agregatowej i granulometrycznej. Wynik dodatni tego odejmowania wskazuje na większą procentową zawartość odpowiedniej frakcji w składzie frakcji agregatowym, niż granulometrycznym, a wynik ujemny wskazuje na mniejszą procentową zawartość odpowiedniej frakcji w składzie frakcji agregatowych, w porównaniu ze składem frakcji granulometrycznych.

Z tabeli IV wynika także w pierwszej kolejności że w składzie frakcji agregatowych:

1) ujawnia się w badanych próbkach utworów lessowych agregatowa frakcja żwirowa, której nie było w składzie frakcji granulometrycznych;

2) w badanych próbkach zawsze obserwuje się większe procentowe zawartości agregatowej frakcji piaskowej, niż procentowe zawartości granulometrycznej frakcji piaskowej;

3) procentowa zawartość agregatowej frakcji pyłowej jest znacznie częściej mniejsza, niż procentowa zawartość granulometrycznej frakcji pyłowej (wartości różnic są najczęściej ujemne);

4) procentowa zawartość agregatowej frakcji iłowej jest zawsze mniejsza, niż procentowa zawartość granulometrycznej frakcji iłowej (wartości różnic są zawsze ujemne).

Z powyższych danych wnioskować można, że w utworach lessowych większe agregaty, ujawniające się w wyniku analizy agregatowej we frakcji

żwirowej i piaskowej, powstają zawsze kosztem granulometrycznej frakcji iłowej i częściowo frakcji pyłowej. Zestawiając dane tabel I—IV z łatwością można dojść do sformułowania makroskopowego paradoksu agregacji:

„Im bardziej iłasta — w świetle wyników analizy granulometrycznej — jest próbka utworu lessowego lub lessopodobnego, tym bardziej wydaje się ona makroskopowo piaszczysta, a jej powierzchnię przełamu odczuwa się jako bardziej szorstką”.

I tak, próbki określonej na podstawie wyników analizy granulometrycznej gliny pylastej związanej o zawartości granulometrycznej frakcji iłowej w granicach 20—30%, w wyniku analizy makroskopowej na sucho określone są jako pyły piaszczyste, a w wyniku analizy makroskopowej z nawilgoceniem jako pył na granicy z pyłem piaszczystym (ryc. 1). Na powierzchni przełamu takich próbek obserwuje się duże agregaty, przyjmując je za ziarna piaskowe. Również odczuwana na powierzchni przełamu próbki szorstkość wydaje się być w znacznym stopniu spowodowana istnieniem na tej powierzchni odpornych w warunkach przeprowadzania analizy makroskopowej agregatów, a nie musi wynikać tylko z obecności ziarn piaskowych. Natomiast próbki określonych na podstawie wyników analizy granulometrycznej pyłów, zawierających tylko do 10% granulometrycznej frakcji iłowej, nie wykazują makroskopowo na sucho większej piaszczystości i szorstkości i są makroskopowo odczuwane również jako pyły. Przedstawione tu wyniki wskazują raz jeszcze na rolę cząstek frakcji iłowej i częściowo pyłowej w procesie agregacji, dezagregacji i reagregacji badanych utworów lessowych (I. M. Gorkowa — 1965, 1966; A. K. Łarionow — 1966, 1971) i prowadzą do wniosku, że wyniki analizy agregatowej, wykazując zdolność badanych próbek do agregacji, mogą być przybliżonym wskaźnikiem agregacji całej masy gruntu — zwłaszcza w odniesieniu do utworów lessowych, o czym świadczy wykazana zgodność określeń rodzaju gruntu, uzyskanych w wyniku przeprowadzania analiz: makroskopowej na sucho i agregatowej oraz niezgodności wyników analiz: makroskopowej na sucho i granulometrycznej (ryc. 2). Oczywiście jest, że przedstawiony makroskopowy paradoks agregacji może być charakterystyczny nie tylko dla przebadanych utworów lessowych i lessopodobnych, lecz również dla innych gruntów spoiстых, głównie słabospoiстых (pylastych).

SUMMARY

The macroscopic aggregation paradox was based on results of macroscopic (megascopic), granulometric and aggregate analyses of loess samples collected from the Sudetic Foreland and the area between Ćmielów and Opatów (The Holy Cross Mountains). The macroscopic aggregation paradox may be described as follows: the more clayey sample of loess deposits, the more sandy it looks macroscopically and its breakage surface is more rough. The feeling of sandness and roughness of the loess deposits breakage surface is not only due to presence of separate sand grains, but also large aggregates. The large aggregates mainly appear when content of clay fraction is high. The large aggregates are macroscopically taken as sand grains. It can be concluded that the results of aggregate analysis show capability of the tested deposits to aggregation, and they may be used as an approximative index of aggregation for the whole soil (rock) volume — especially in the case of loess deposits. It is proved by a marked coincidence of identifications soil (rock) types based on results of macroscopic and aggregate analyses and differences between those based on macroscopic and granulometric analyses.

РЕЗЮМЕ

На основании результатов анализов: макроскопического, мегаскопического, гранулометрического и агрегатного — образцов лёссовых отложений отобранных на территории Судетского предгорья и Свентокшиських гор (район расположенный между местностями Ćmielów и Опатов) — был определен макроскопический парадокс агрегации: „Чем более глинистым является образец лёссовых отложений, тем более он кажется быть песчаным, а поверхность его излома тем более шорховатая”. Песчаность и шорховатость излома образца лёссовых отложений вызваны не только отдельными зернами песка, но тоже — а в случае большого количества глинистой фракции — прежде всего — большими агрегатами макроскопически похожими на зерна песка. Автор приходит к выводу, что результаты агрегатного анализа, выказывая способность исследованных образцов к агрегации, могут быть приближенным показателем агрегации целой массы горной породы (грунта) — особенно для лёссовых отложений. Свидетельствует о том большая согласность определения типа породы (грунта), полученная при помощи макроскопического и агрегатного анализов и меньшая согласность результатов мегаскопического и гранулометрического анализов.