

ZMIANA PARAMETRÓW FIZYCZNO-MECHANICZNYCH IŁÓW NADKŁADU ZŁOŻA SIARKI WYWOŁANA DZIAŁANIEM WÓD TECHNOLOGICZNYCH PODCZAS EKSPLOATACJI OTWOROWEJ

UKD 622.834.1:[622.366.11:622.277.6]:624.131.43:[552.523+663.6](438)

Przedmiotem artykułu jest analiza wyników badań fizyczno-mechanicznych, przeprowadzonych na iłach nadkładu złoża siarki, które uprzednio znajdowały się pod bezpośrednim działaniem gorących wód technologicznych oraz próba sformułowania wniosków co do zmian w niektórych partiach nadkładu złoża siarki w procesie otworowej eksploatacji.

Wody technologiczne wprowadzone do otworu pod ciśnieniem około 10 at. i w temperaturze powyżej 100°C zmieniają serię złożową oraz prawdopodobnie przyspągowe partie nadkładu marglisto-ilastego. Zmiany te dotyczą m.in. fizyczno-mechanicznych skał serii złożowej i nadkładu. Powodują one osiadanie terenów pól górniczych, co prowadzi do powstawania awarii i uszkodzeń w toku normalnej eksploatacji. Osiadanie terenu jest jednym z powodów powstawania erupcji gorących wód technologicznych wokół otworów eksploatacyjnych. Przedzierają się one przez nadkład w pobliżu osłony cementowej uszczelniającej rury okładzinowe osłony cementowej.

Badanie zmian własności fizyczno-mechanicznych skał serii złożowej i nadkładu przeprowadza się w laboratorium. Próbki skał poddawane są działaniu czynników w dużej mierze zbliżonych do naturalnych warunków geologicznych. Nie opróbowano jeszcze dostatecznie i dokładnie zmienionej pod wpływem eksploatacji serii złożowej nadkładu. Stosunkowo liczne otwory kontrolne odwiercone na polach uważanych za wyeksploatowane najczęściej trafiły na niezmienione partie złoża. Niektórych z tych otworów nie odwiercono całkowicie ze względu na awarie spowodowane potężnymi erupcjami bardzo gorących wód technologicznych.

Podjęto badania na fragmentach iłów nadkładu, które wyniosła na powierzchnię woda technologiczna. Iły te, które będziemy nazywali iłami zmienionymi, zostały wyrzucone na skutek erupcji wód technologicznych na jednym z pól górniczych kopalni siarki Z.

Wyniki badań iłów zmienionych porównano z wynikami analogicznych badań iłów pierwotnych przeprowadzonych z tego samego rejonu badań na AGH.

Iły zmienione znalazły się w bezpośrednim kontakcie z gorącymi wodami technologicznymi prawdopodobnie dopiero po około rocznej eksploatacji siarki. Trudno jest stwierdzić jak długo trwało bezpośrednie działanie wód technologicznych na iły, jednak bardzo gwałtowne erupcje z tego otworu trwały z małymi przerwami przez okres około miesiąca. Łącznie z iłami zostały wyrzucone fragmenty wytopionej i skrzepniętej siarki oraz fragmenty iłów z uszczelniającą warstwą cementową. Wielkości wyrzuconych fragmentów skał wahały się od kilku do około 70 cm.

Wyznaczenie głębokości występowania iłów jest bardzo trudne. Brak rdzenia z nadkładu złoża oraz stosunkowo jednolity charakter litologiczny około 140 m nadkładu ilastego umożliwiające prawidłowe oznaczenie głą-

bokości. Można jedynie przypuszczać na podstawie obecności w wyrzuconym materiale fragmentów stopionej i skrzepniętej siarki, że fragmenty tych iłów pochodzą prawdopodobnie z przyspągowych partii nadkładu.

PORÓWNANIE WŁASNOŚCI FIZYCZNO-MECHANICZNYCH IŁÓW PIERWOTNYCH I ZMIENIONYCH

Badania iłów zmienionych przeprowadzono w warunkach maksymalnie zbliżonych do warunków w jakich badano iły pierwotne w Instytucie Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej na AGH.

Makroskopowo iły pierwotne są silnie wapniste, niekiedy bitumiczne o barwie szarej, półzwarte i mało wilgotne, o teksturze bezładnej, a niekiedy nieznacznie warstwowanej. Na podstawie składu granulometrycznego stwierdzono, że są to głównie iły z niewielką ilością iłów pylastych. Iły zmienione są wapniste, o barwie szarej i ciemnoszarej, wilgotne.

Ciężar objętościowy obu iłów kształtował się całkowicie odmiennie. Iły pierwotne miały ciężar właściwy 1,90—2,36 G/cm³, średnio 2,12 G/cm³, natomiast iły zmienione — 1,15—1,20 G/cm³, średnio 1,18 G/cm³. Widoczne jest więc wyraźne zmniejszenie ciężaru objętościowego iłów zmienionych, które średnio wynosi 44%.

Stwierdzono bardzo duże różnice wilgotności naturalnej dla obu grup iłów. W stanie pierwotnym wilgotność naturalna waha się od 5,5 do 27,8%, średnio 19,8%, natomiast dla iłów zmienionych zmienia się od 129,6 do 217,3%, średnio 191,5%. Nastąpił więc wyraźny wzrost wilgotności naturalnej — około dziesięciokrotny.

Porowatość obu grup iłów różni się również dość znacznie, lecz nie w tak dużym stopniu jak wilgotność. Porowatość iłów pierwotnych wynosi od 20 do 40%, średnio 29%, iłów zmienionych — od 56,9 do 57,1%, średnio 57,1%. Wzrost porowatości iłów zmienionych w stosunku do pierwotnych wynosi więc 97%.

Badanie wytrzymałości na ściskanie iłów pierwotnych prowadzono na próbkach o wymiarach 3×3×3 cm w stanie wilgotności naturalnej oraz po zanurzeniu w wodzie o temperaturze około 90°C przez 30 h. Kierunek siły ściskania był prostopadły do uwarstwienia, przy czym zauważono, że iły o wyraźnym warstwowaniu charakteryzują się mniejszymi wytrzymałościami na ściskanie niż iły słabo warstwowane. Średnia wytrzymałość na ściskanie iłów o wilgotności naturalnej wyniosła 28,5 kG/cm², natomiast po zanurzeniu w wodzie gorącej — 1,9 kG/cm².

Podobne badania wykonane na próbkach iłów zmienionych (o tej samej wielkości) dały jednakowe wyniki — 2,8 kG/cm², zarówno dla iłów ścisanych w stanie wilgotności naturalnej, jak i dla iłów zanurzonych w gorącej wodzie. Wytrzymałość na ściskanie iłów zmienionych (w stanie wilgotności naturalnej i zanurzonych w gorącej

WŁASNOŚCI FIZYCZNO-MECHANICZNE IŁÓW PIERWOTNYCH I IŁÓW ZMIENIONYCH

Rodzaj badania	Przed eksploatacją (iły pierwotne)		Po eksploatacji (iły zmienione)		Zmiany własności fizyczno-mechanicznych po eksploatacji w % w stosunku do stanu pierwotnego	
	Liczba próbek	min.—maks. średnia	Liczba próbek	min.—maks. średnia		
Ciężar objętościowy G/cm ³	10	1,90— 2,36 2,12	8	1,15— 1,20 1,18	obniżenie -44%	
Wilgotność naturalna w %	10	5,47—27,82 19,178	18	129,6 —217,3 191,51	wzrost +868%	
Porowatość w %	10	20—40 29	5	56,9 — 57,3 57,1	wzrost +97%	
Wytrzymałość na ściskanie w kG/cm ²	woda zimna	10	13,8 —40,9 28,6	4	2,2—3,3 2,8	obniżenie -90%
	woda gorąca	10	0,0 — 5,6 1,9	3	2,22—3,67 2,89	wzrost +34%
Rozmakanie ubytek ciężaru w %	woda zimna	10	rozpad naroży 3,0 —50,0 11,7	3	delikatne łuszczenie	bardzo małe zmiany
	woda gorąca	10	rozpad naroży 1,0 —10,0 4,6	3	zaokrąglenie naroży 2,0	bardzo małe zmiany
Pęcznienie w %	woda zimna	10	0,5 — 4,0 1,9	3	bez zmian	bez zmian
	woda gorąca	10	0,3 — 3,5 1,9	3	bez zmian	bez zmian

wodzie) jest więc bardzo zbliżona do wytrzymałości iłów pierwotnych zanurzonych w gorącej wodzie.

Badania rozmakania dla obu grup iłów przeprowadzono w wodzie zimnej i gorącej. W wyniku badań stwierdzono, że iły pierwotne, a jeszcze w większym stopniu iły zmienione, są odporne na rozmakanie. Rozmakanie iłów pierwotnych przebiega wyraźniej w ciągu pierwszych godzin badania, później stopniowo zanika. Iły te rozmakają intensywniej w wodzie gorącej (czas aktywnego rozmakania 1 h) niż w zimnej (czas aktywnego rozmakania 2 h). Próbkę iłów pierwotnych wykazały ubytek ciężaru w wodzie zimnej - 11,7%, w wodzie gorącej - 4,6%. Iły zmienione poza delikatnym łuszczeniem nie wykazały wyraźniejszych zmian podczas badań rozmakania w wodzie zimnej. W wodzie gorącej próbki tych iłów na narożach lekko zaokrągliły się i po wykonaniu badań wykazały minimalny ubytek ciężaru około 2%.

Badanie pęcznienia iłów pierwotnych wykonane zostało w aparatach Wasiliewa w wodzie zimnej o temperaturze pokojowej i w wodzie gorącej o temperaturze 90°C. Stabilizacja pęcznienia iłów w wodzie zimnej następowała przeciętnie po 57 h, a w wodzie gorącej średnio po 21 h. Pęcznienie próbek w wodzie zimnej i gorącej było takie same i średnio wyniosło 1,9%.

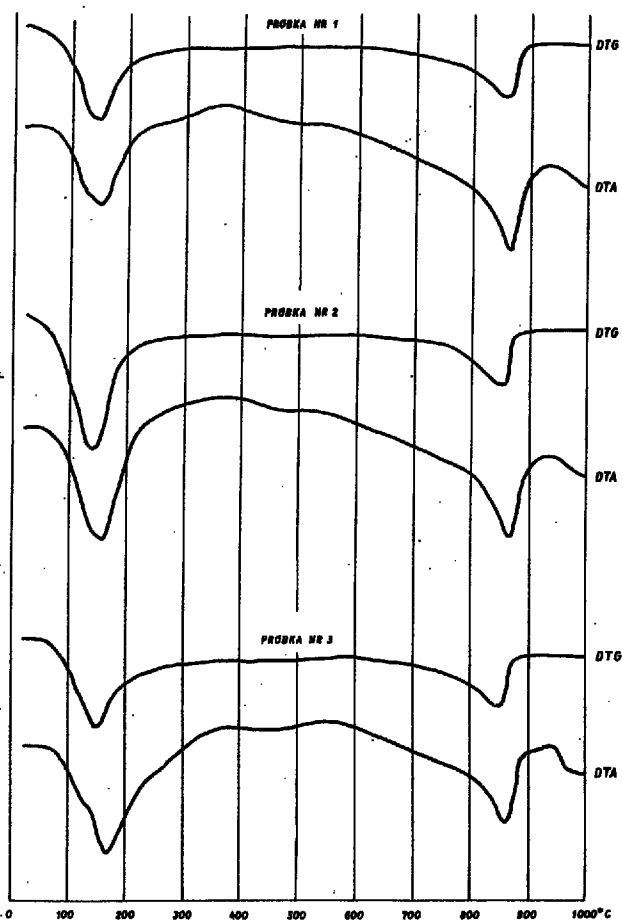
Badanie pęcznienia iłów zmienionych wykonane w pęczniomierzu w wodzie zimnej i gorącej nie wykazało prawie żadnych zmian w stosunku do stanu początkowego.

WNIOSKI

Wyniki badań własności fizyczno-mechanicznych iłów pierwotnych i porównanie ich następnie z wynikami badań iłów zmienionych (tab. I) pozwalają na wyciągnięcie szeregu wniosków.

Zmiany własności fizyczno-mechanicznych iłów zmienionych w stosunku do iłów pierwotnych kształtowały się różnie dla poszczególnych parametrów. Ogólnie, biorąc pod uwagę średnie wartości zmian tych parametrów, można wśród nich wydzielić dwie grupy. Do grupy pierwszej, charakteryzującej się dużymi zmianami, należą: wilgotność naturalna, porowatość, wytrzymałość na ściskanie w wodzie zimnej oraz ciężar objętościowy. Zaobserwowano znaczny wzrost wilgotności naturalnej i porowatości iłów zmienionych, natomiast wytrzymałość na ściskanie w wodzie zimnej i ciężar objętościowy zmniejsza się w stosunku do iłów pierwotnych. Do grupy drugiej zaliczono parametry, które uległy zmianom w niewielkim stopniu lub też zmiany te były tak małe, że praktycznie rzecz biorąc są nieistotne (wytrzymałość na ściskanie w wodzie gorącej, rozmakanie i pęcznienie).

Najbardziej zmienny i charakterystyczny jest wzrost (prawie 10-krotny) wilgotności naturalnej iłów zmienionych. Na tak dużą wilgotność naturalną (około 200%) tych iłów składa się duża ilość wody wolnej stwierdzona makroskopowo, jak i też znaczna zawartość wody związanej stwierdzona analizami termicznymi. Na krzywych różnic-



Krzywe różnicowe analizy termicznej (DTA) i termogravimetrycznej (DTG) iłów zmienionych

Differential curves of thermic (DTA) and thermo-gravimetric (DTG) analyses of altered clays

wych termicznych (DTA), widać wyraźne reakcje endotermiczne w temperaturach 150–160°C, a na krzywych różnicowych termogravimetrycznych (DTG) zaznacza się przy tych samych temperaturach znaczny ubytek ciężaru związany ze stratą wody związanej. Niskotemperaturowe (150–160°C) reakcje endotermiczne na krzywych DTA oraz częściowo reakcje endotermiczne w temperaturach 860–870°C wskazują na montmorylonitowo-illitowy charakter tych iłów, a być może, biorąc pod uwagę bardzo dużą ilość związanej wody (analizy termiczne), przewagę w składzie mineralnym ma montmorylonit. Obecność montmorylonitu w nadkładzie złóż siarki została stwierdzona przez licznych autorów (1, 2, 6). Montmorylonit występuje w formie warstewek bentonitowych w iłach i iłowcach nadkładu. Wraz z hydromikami stanowi on podstawowy składnik nadkładu.

Z dużą zawartością wody w tych iłach łączy się też znaczna ich porowatość przy jednoczesnym małym ciężarze objętościowym. Parametry te, zdecydowanie różne w porównaniu z iłami pierwotnymi wpłynęły na prawie dziesięciokrotne zmniejszenie wytrzymałości na ścislenie.

Należy przypuszczać, że wszystkie iły, które znalazłyby się w bezpośrednim kontakcie z gorącymi wodami technologicznymi, mogłyby zmienić swoje parametry fizyczno-

mechaniczne w podobnym stopniu. Należy się zastanowić, czy również inne iły nadkładu nie kontaktowały się z wodami technologicznymi w inny sposób, nie wskutek erupcji. Gdyby tak było, można wówczas przypuszczać z pewnym prawdopodobieństwem, że uległy one takim samym zmianom. Na podstawie danych z wierceń wiadomo, że w nadkładzie złoża siarki występuje wyraźna sieć spękań, której intensywność zależy od odległości od stropu serii złożowej. Według badań M. Niecia i J. Szczepańskiej (8) bezpośrednio nad stropem złoża sieć spękań jest najliczniejsza, natomiast w górę stopniowo maleje. Można więc przypuszczać, że wtłaczane pod dużym ciśnieniem gorące wody technologiczne mogły przez tę gęstą sieć spękań stosunkowo dość dobrze spenetrować szczególnie spagowe partie nadkładu. Dzięki temu niektóre partie nadkładu mogły ulec podobnym zmianom, co w konsekwencji mogło sprzyjać plastycznemu uginaniu się iłów nadkładu w miejscach stref rozluźnionych i pustek powstałych na skutek procesów związanych z otworową eksploatacją siarki. Istnienie tych rozluźnionych stref i pustek łączy się z lokalnym szczypaniem siarki przez poszczególne otwory eksploatacyjne lub też ze spływaniem roztopionej siarki z partii stropowych lub środkowych do spągu złoża.

Można również mówić o pośrednim wpływie wód technologicznych a mianowicie o wpływie temperatury. Dzięki istniejącej gęstej sieci spękań i szczelin oraz przewodności cieplnej wysokie temperatury krążących wód mogą na znacznych obszarach spowodować częściowe wysychanie, a tym samym kurczenie się iłów nadkładu. Skurcz może być również spowodowany wysychaniem partii nadkładu ogrzewanych przez rury doprowadzające gorącą wodę do złoża.

Rezultaty bezpośredniej i pośredniej działalności wód technologicznych są zapewne jedną z przyczyn powstawania znacznych obniżen terenu obserwowanych na polach górniczych kopalń siarki.

LITERATURA

1. Czermiński J., Ryka W. — Bentonity miocenne z Machowa. Kwart. geol. 1970, nr 4.
2. Fijałkowska E., Fijałkowski J. — Bentonity w utworach miocenu południowego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Biul. Inst. Geol. 194, 1966.
3. Kuźniar J. — Badania wpływu składu mineralicznego na własności fizyczno-mechaniczne iłów trzeciorzędowych regionu Konin. I Sesja Nauk. Wydz. Bud. Łądownego Polit. Wrocław. Wrocław, 1958.
4. Kozydra Z., Wyrwicki R. — Surowce ilaste. Warszawa, 1970.
5. Langier-Kuźniarowa A. — Termogramy minerałów ilastych. Warszawa, 1967.
6. Langier-Kuźniarowa A. — Bentonity miocenne z wierceń okolic Szydłowa (woj. kieleckie). Biul. Inst. Geol. 207. 1967.
7. Nieć M. — Morfologia stropu złoża siarki i jej wpływ na mikrotektonikę skał nadkładu. Roczn. Pol. Tow. Geol. 1970, t. XL, z. 2.
8. Nieć M., Szczepańska J. — Zaburzenia mikrotektoniczne złoża siarki w Grzybowie i w jego nadkładzie. Techn. Poszuk. 1970, z. 34.
9. Paszyc-Stępkowska E. — Problemy chemii fizycznej w mechanice gruntów. Arch. Hydrotechniki, 1964, z. 4.

SUMMARY

The paper presents comparison of physico-mechanical parameters of primary clays from sulphur deposits with those obtained for clays pushed out of sulphur-exploiting hole in result of eruption. The latter clays are termed by the present authors altered clays, as they were directly influenced by hot technological waters for some period of time, which resulted in significant changes of such parameters as natural moisture, porosity, volume weight, and shearing strength. It is inferred that similar changes of physico-mechanical parameters of basal strata of clay-marly blanket of the sulphur deposit may be expected. This alternation was presumably facilitated by a dense net fractures and fissures cutting the strata of the deposit blanket, which permitted the hot technological waters, under a high pressure, to penetrate the blanket strata to a remarkable depth. Such action of technological waters may have resulted in an increase of plasticity of basal parts of the clay-marly blanket; moreover, high temperatures of those waters may have resulted in drying and, finally, in shrinkage of upper parts of the deposit blanket. The resulting plastic sinking of basal parts of the blanket and shrinkage of its upper parts may contribute to the subsidence of terrain surface, which is observed in the areas of hot-water sulphur mining.

РЕЗЮМЕ

В статье сопоставляются результаты испытания физико-механических свойств в первичных глинах с результатами соответствующих испытаний, проведенных на глинах, выброшенных вследствие эрупций из эксплуатационной скважины в месторождении серы и названных авторами измененными глинами. Эти глины в течение некоторого промежутка времени находились в сфере непосредственного воздействия горячих технологических вод и в связи с этим существенным образом изменились некоторые параметры этих пород, такие как: естественная влажность, пористость, объемный вес, сопротивление сжатию. Обращается внимание на то, что такие же изменения могли произойти в породах нижнего интервала глинисто-мергелистой вскрыши серной залежи, тем более, что эти породы пересечены густой системой трещин, сквозь которые могут проникать горячие технологические воды. Под влиянием этих вод может возрастать пластичность глинисто-мергелистых пород в нижней части вскрыши, а также под влиянием высоких температур усушка и сжатие пород верхних интервалов. В итоге, пластическое прогибание нижних горизонтов вскрыши и сжатие других могут являться одной из причин оседания земляных масс, которые наблюдаются на участках добычи серы.