

PEĆZNIE NIE SKAŁ SENOŃSKICH W PRZEŁOMOWYM ODCINKU WISŁY ŚRODKOWEJ I JEGO INŻYNIERSKO-GEOLOGICZNE ZNACZENIE

W OPRACOWYWANYCH PROJEKTACH uporządkowania gospodarki wodnej na Wiśle poważne znaczenie może odegrać jej środkowy, przełomowy odcinek. Na odcinku tym, rozpoczynającym się koło Zawichostu i kończącym się koło Puław, Wisła płynie prawie prosto z południa na północ w stosunkowo wąskiej (na parę kilometrów) dolinie wciętej głęboko (na kilkadziesiąt metrów) w wysoczyznę kredowej osłony masywu Gór Świętokrzyskich.

W trakcie wykonywania rozpoczętych w 1953 r. przez Katedrę Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Warszawskiego zdjęć inżyniersko-geologicznych przełomowego odcinka Wisły między Zawichostem a Machowem (na S od Kazimierza) i przylegających do tego odcinka wyżyn stwierdzono, że skały górnokredowe budujące zbrocza doliny Wisły i przylegające do niej wyżyny są bardzo silnie spękane, tworząc jednolity system doskonale komunikujących się ze sobą mniej lub więcej ziejących szczelin. W takim systemie szczelin woda przepływa z łatwością i chociaż monolity skał senońskich praktycznie zupełnie nie przepuszczają wody, to cały masyw skalny — właśnie dzięki istnjącemu systemowi spękań byłby bardzo silnie wodoprzepuszczalny. Dlatego przy projektowaniu piętrzenia wody w dolinie Wisły — wciętej w tak przepuszczalny masyw skalny — niezbędną jest analiza i prognoza ewentualnych ucieczek wody z przyszłego zbiornika. Kilka tysięcy dokonanych pomiarów spękań skał senońskich i terenowe badania wodochłonności tych skał wykazały, że wszędzie tam, gdzie masa spiętrzonej wody zetknie się z pozbawioną ilastej pokrywy wietrzelinowej powierzchnią spękanej skały, liczyć się powinno z dużą w tych miejscach ucieczką wody w głąb masywu skalnego i z jej odpływem podziemnym obok doliny. Jednak dotychczasowe obserwacje:

- 1) występowania olbrzymiej większości spękań powyżej strefy stałego, pełnego nasycenia masywu skalnego wodą,
- 2) z reguły bardzo małej ilości spękań rdzeni skał senońskich z otworów wiertniczych poniżej strefy wietrzenia w strefie stałego pełnego nasycenia wodą na tym obszarze,
- 3) obecności w skałach senońskich pęczniejących w różnym stopniu minerałów ilowych, których procentowa zawartość waha się w granicach od 4,08 do 30,59%, jak to podano w przygotowywanej do druku pracy (W. C. Kowalski: Wytrzymałość na ściskanie senońskich skał budowlanych na tle ich litologii)

nasunęły przypuszczenie, że opoki kredowe pęcznieją, tj. zwiększają swoją objętość przy pochłanianiu wody. W celu sprawdzenia słuszności tego przypuszczenia przebadano zachowanie się próbek skał po ich nasyceniu wodą.

Do badań pobrano skały senońskie z odsłoneń w skarpi doliny Wisły w okolicach Sulejowa. Z odsłoneń położonego w odległości około 750 m na S od ostatnich domów w Sulejowie wzdłuż drogi prowadzącej pod skarpą doliny Wisły pobrano próbki skał santonńskich. Z drugiego odsłoneńia położonego bliżej Sulejowa w odległości około 560 m odmierzanym tak samo jak poprzednio, od ostatnich domów Sulejowa, pobrano próbki skał dolnokampańskich znacznie różniących się litologicznie od poprzednich.

Badana na pęcznienie skała santonńska w stanie naturalnie suchym oznacza się barwą zielonawoszara z ciemniejszymi smugami zielonoszarymi wskutek większych skupień glaukonitu. Smugi te są miejsca-

mi równoległe, a miejscami ułożenie ich bywa zaburzone, dostosowujące się do kształtu plam jaśniejszych, żółtopopielatych z małą ilością ziarn glaukonitu, czasami otaczających z kolei jednorodne ciemnoszare, bardzo twarde, bardzo słabo burzące w reakcji z HCl o gładkim przełomie muszlowym plamy i smugi będące czertowymi skupieniami krzemionki. Próbką trawiona w 2n HCl rozpada się tylko częściowo, dając na dnie naczynia stosunkowo dużo ilastego osadu. Stosunkowo rzadko zachowane fragmenty skorupiek małżów ułożone są swoimi dłuższymi osiami równoległe do wspomnianych smug glaukonitowych jak również do słabo zaznaczonych, żółtopopielatych, ubogich w glaukonit smużystych warstewek i warstw dochodzących do 1 cm miąższości. Skała wydaje się stosunkowo ciężka. Przylega do języka bardzo słabo. Świadczy to w przypadku skał senońskich, że skała ta jest stosunkowo mało porowata: jej porowatość jest nieco większa niż 42% (42,1%). Przy uderzeniu młotkiem wydaje się głucho brzęcząco. Poza opisanymi czertowymi skupieniami krzemionki powierzchnia przełamu jest nieco wklęsła, nierówna, ziemista. Krawędzie ograniczające powierzchnie przełamu są ostrokrawędziste, słabo tnące. W dotyku palcem skała nie bieli, na przełomie sprawia wrażenie nierównej, nieco szorstkiej, a na ciemnoszaro zabarwionych powierzchniach szczelin — wygładzonej. Po nasyceniu wodą skała staje się ciemniejsza, ciemnozielonoszara i wydaje się gliniasto-wapniasty zapach. Jednocześnie skała mięknie nadzwyczaj silnie. Jej średnia, kostkowa wytrzymałość na ściskanie w kierunku prostopadłym do uwarstwienia w stanie naturalnie suchym $R_{C\perp S} = 348,3 \text{ kg/cm}^2$ maleje po nasyceniu wodą do $R_{C\perp W} = 82,3 \text{ kg/cm}^2$, a więc współczynnik mięknięcia wynosi tu tylko $M = 0,208$. Głównymi składnikami mineralnymi skały są: kalcyt (37,47%), minerały ilowe (30,59%), spośród których wyróżniono ilit (17,35%), monimorillonit (10,23%), i glaukonit (3,01%) oraz minerały wolnej krzemionki (20,76%) — głównie opalu przed chalcedonem i kwarcem (2,75%). Z pozostałych minerałów występują: gips (4,7%), apatyt (0,46%), dolomit (1,32%), albit (1,18%), sercyt (1,51%), rutyl (0,10%) a także cyrkon, turmalin, staurolit, granat jako minerały sporadycznie występujące i tlenki żelaza. Skała ta jest więc manganem krzemionkowym o strukturze aleurytowo-pelitowej z soczewkami i laminami o strukturze psamitowo-pelitowej. Tekstura tej skały jest soczewkowo-smugowa, drobnowarstwowa, miejscami konkretyjna i zaburzona, stąd też jej współczynnik zorientowanej anizotropowości wytrzymałościowej wynosi $A = 0,850$ przy średniej kostkowej wytrzymałości na ściskanie w stanie naturalnie suchym w kierunku prostopadłym do uwarstwienia $R_{C\perp S} = 348,3 \text{ kg/cm}^2$, jak to podano wyżej, oraz w kierunku równoległym do uwarstwienia $R_{C\parallel S} = 206 \text{ kg/cm}^2$.

Badana na pęcznienie skała dolnokampańska różni się znacznie nawet makroskopowo od skały santonńskiej. Skała dolnokampańska jest w stanie naturalnie suchym barwy żółtawożółtopopielatej z szaropopielatymi smugami i plamami. Wydaje ona się ciężka. W głównej swojej masie przylega przy dotknięciu do języka bardzo słabo, wykazując porowatość $n = 42,4\%$. W widocznych na powierzchniach próbek szaropopielatych smugach i plamach nie przylega przy dotknięciu do języka wcale. Fakty te świadczą o znacznych różnicach jej porowatości. Przy uderzeniu skały młotkiem słychać głucho brzęcząco. Powierzchnia przełamu jest nierówna, zie-

mista, nieco wklęsła a w twardszych, szaropopielatych smugach płaska bądź bardziej muszkowa i jednocześnie bardziej gładka. Krawędzie ograniczające powierzchnie przełamów są ostre, a w smugach i plamach szaropopielatych — tnące. W dotyku palcem skała nie bieli — z wyjątkiem szczelin pokrytych lublinitem. Rdzawożółto zabarwione powierzchnie szczelin są gładkie i nierówne. Po nasyceniu wodą barwa skały ciemnieje na ciemnożółtopopielatą z szaropopielatymi smugami i plamami. Skała wydaje wówczas silny zapach gliniasto-wapniasty, bardzo mięknie. Jej współczynnik mięknięcia wynosi $M = 0,684$, przy średniej kostkowej wytrzymałości na ściskanie w kierunku prostopadłym do uwarstwienia w stanie naturalnie suchym $R_{C\perp S} = 155 \text{ kg/cm}^2$, a po nasyceniu wodą przy $R_{C\perp W} = 106 \text{ kg/cm}^2$. Próbkę skały trawiona w 2n HCl burzy silnie powierzchniami i tylko w niewielkim stopniu częściowo się rozpada, dając na dnie naczynia ilasty osad. Główne składniki mineralne skały dolnokampańskiej są te same, ale o innej zawartości procentowej. Są to: kalcyt (63,93%), minerały ilowe (21,69%), z których wyróżniono montmorillonit (14,16%), illit (6,53%), glaukonit (1,00%) oraz minerały grupy wolnej krzemionki (8,20%) — głównie opal przed chalcedonem i kwarcem (1,20%). Z pozostałych minerałów występują: gips (1,72%), dolomit (1,64%), albit (0,84%), apatyt (0,31%), sercyt (0,06%), piryt (0,04%), rutyl (0,04%), a także cyrkon, turmalin, staurolit jako minerały występujące sporadycznie oraz tlenki żelaza. Skała ta jest więc marglem opałowym o strukturze aleurytowo-pelitowej i teksturalnie niewyraźnej smugowo-warstwowej, przechodzącej w beładną, miejscami konkrecyjną. Cechuje ją współczynnik zorientowanej anizotropowości wytrzymałościowej wynoszący $A = 0,884$ przy średniej kostkowej wytrzymałości na ściskanie w stanie naturalnie suchym w kierunku prostopadłym do uwarstwienia $R_{S\perp C} = 155 \text{ kg/cm}^2$ oraz w kierunku równoległym do uwarstwienia $R_{C\perp S} = 137 \text{ kg/cm}^2$.

Objętości próbek badanych skał senońskich wyznaczono za pomocą objętościomierza rtęciowego.

Cieźary i ciężary objętościowe próbek badanych skał senońskich w stanie powietrzno-suchym przedstawia tabela I, a po 24-godzinny nasyceniu wodą — tabela II i wreszcie po wysuszeniu próbek do stałego ciężaru w temperaturze 105° — tabela III. W pierwszej kolumnie tych tabel wpisano numer odsłonięcia, z którego pochodzi próbka (N), a więc odsłonięcie 2 oznacza domik saniońskich margli krzemionkowych, a odsłonięcie 3 dolnokampańskich margli opońkowych; w kolumnie drugiej numer kolejny badanej próbki (p), w kolumnie trzeciej numer kolejny pomiaru badanej próbki. W kolumnach czwartych notowano uzyskane ciężary badanych próbek, po ich zsumowaniu (wartość w kolumnach piątych) obliczono średnie arytmetyczne ciężary każdej próbki z 3 pomiarów (kolumny szóste). Analogicznie w kolumnach siódmych podano wyniki poszczególnych pomiarów objętości każdej próbki, a po zsumowaniu wyników poszczególnych pomiarów — w kolumnach ósmych, w kolumnie dziewiątej wpisano średnie arytmetyczne objętości każdej próbki z 3 pomiarów objętościowych.

Wyliczone ze średnich arytmetycznych ciężarów i średnich arytmetycznych objętości każdej próbki ciężary objętościowe podano w kolumnach dziesiątych.

W tabeli IV zestawiono uzyskane objętości próbek w stanie naturalnie suchym (V_p — kolumny czwarte) i po ich 24-godzinny nasyceniu wodą (V_w — kolumny trzecie). Po zestawieniu tych wartości otrzymano różnice wahające się od 0,152 do 0,359 wskazujące na wyraźne pęcznienie badanych skał w podanych warunkach (kolumny piąte). Aby zjawisko to scharakteryzować liczbowo w wielkościach porównywalnych, obliczono współczynniki pęcznienia próbek powietrzno-suchych badanych skał senońskich po 24-godzinny nasyceniu wodą według wzoru:

$$P_p = \frac{V_w - V_p}{V_p} \cdot 100$$

gdzie: P_p — współczynnik pęcznienia próbek powietrzno-suchych po 24-godzinny nasyceniu wodą w %/o,

V_w — objętość próbki po jej 24-godzinny nasyceniu wodą w cm^3 ,

V_p — objętość próbki w stanie naturalnie suchym, przed jej nasyceniem wodą w cm^3 .

Tabela I

CIEŻARY, OBJĘTOŚCI I CIEŻARY OBJĘTOŚCIOWE PRÓBEK BADANYCH SKAŁ SENOŃSKICH W STANIE POWIETRZNO-SUCHYM

N	p	n	G_{pn}	ΣG_{pn}	G_p	V_{pn}	ΣV_{pn}	V_p	γ_{op}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	7,896	23,691	7,897	5,326	15,981	5,327	1,482
		2	7,898			5,330			
		3	7,897			5,325			
2	2	1	16,084	48,256	16,085	11,036	33,102	11,034	1,458
		2	16,086			11,033			
		3	16,086			11,033			
	3	1	12,433	37,297	12,432	8,801	26,400	8,800	1,413
		2	12,433			8,798			
		3	12,431			8,801			
	1	2	16,590	49,768	16,589	10,312	30,942	10,314	1,608
		2	16,590			10,313			
		3	16,588			10,317			
3	2	1	9,990	29,970	9,990	5,975	17,932	5,977	1,671
		2	9,990			5,976			
		3	9,990			5,981			
	3	1	8,514	25,539	8,513	5,692	17,085	5,695	1,495
		2	8,512			5,698			
		3	8,513			5,695			

Tabela II

CIĘŻARY, OBJĘTOŚCI I CIĘŻARY OBJĘTOŚCIOWE PRÓBEK BADANYCH SKAŁ SENOŃSKICH PO 24-GODZINNYM NASYCANIU WODĄ

N	p	n	G_{wn}	ΣG_{wn}	G_w	V_{wn}	ΣV_{wn}	V_w	γ_{on}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	1 2 3	10,156 10,155 10,154	30,465	10,155	5,508 5,503 5,501	16,512	5,504	1,845
2	2	1 2 3	20,575 20,577 20,576	61,728	20,576	11,390 11,387 11,402	34,179	11,393	1,806
	3	1 2 3	16,301 16,300 16,299	48,900	16,300	9,023 9,005 8,999	27,027	9,009	1,809
	1	1 2 3	20,030 20,027 20,028	60,085	20,028	10,558 10,552 10,553	31,663	10,554	1,898
3	2	1 2 3	12,156 12,157 12,152	36,157	12,155	6,309 6,302 6,298	18,909	6,303	1,928
	3	1 2 3	10,618 10,620 10,620	31,858	10,619	5,844 5,849 5,849	17,542	5,847	1,813

Tabela III

CIĘŻARY, OBJĘTOŚCI I CIĘŻARY OBJĘTOŚCIOWE PRÓBEK BADANYCH SKAŁ SENOŃSKICH WYSUSZONYCH DO STAŁEGO CIĘŻARU W TEMPERATURZE 105°

N	p	n	G_{sn}	ΣG_{sn}	G_p	V_{sn}	ΣV_{sn}	V_s	γ_{os}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	1 2 3	7,686 7,687 7,688	23,061	7,687	5,314 5,339 5,325	15,968	5,323	1,444
2	2	1 2 3	15,682 15,683 15,681	47,046	15,682	11,104 11,027 11,022	33,063	11,021	1,423
	3	1 2 3	12,116 12,114 12,115	36,345	12,115	8,799 8,801 8,800	26,400	8,800	1,377
	1	1 2 3	16,308 16,311 16,311	54,930	16,310	10,314 10,313 10,312	30,939	10,313	1,581
3	2	1 2 3	9,821 9,820 9,819	29,460	9,820	5,923 5,914 5,917	17,754	5,918	1,659
	3	1 2 3	8,372 8,370 8,368	25,110	8,370	5,702 5,693 5,684	27,079	5,693	1,470

Wyniki wahające się w granicach od 2,33 do 5,45% zestawiono w kolumnie 6 tabeli IV. Wyniki te świadczą, że jeśli na objętości 1 m³ — 1 000 000 cm³ badanych skał senońskich (margli) powietrzno-suchych przypadło szczelin o objętości 0,0545 m³ = 54 500 cm³, to już po 24 godzinach nasycenia wodą mogły one całkowicie zniknąć. Zjawisko pęcznienia mogłoby więc spowodować zamknięcie szczeliny o powierzchni 1 m² i szerokości od 2,33 cm do 5,45 cm.

Tabela IV

WSPÓŁCZYNNIK PĘCZNIEŃIA PRÓBEK POWIETRZNO-SUCHYCH
BADANYCH SKAŁ SENOŃSKICH PO 24-GODZINNYM
NASYCIANIU WODĄ

N	p	V _w	V _p	V _w - V _p	P _p %
1	2	3	4	5	6
2	1	5,504	5,327	0,177	3,32
	2	11,393	11,034	0,359	3,25
	3	9,009	8,800	0,209	2,37
3	1	10,554	10,314	0,240	2,33
	2	6,303	5,977	0,326	5,45
	3	5,847	5,695	0,152	2,69

Tabela V

WSPÓŁCZYNNIK SKURCZU OBJĘTOŚCIOWEGO PRÓBEK BADANYCH
SKAŁ SENOŃSKICH WYSUSZONYCH DO STAŁEGO CIĘŻARU
W TEMPERATURZE 105°

N	p	V _w	V _s	V _w - V _s	S _w
1	2	3	4	5	6
2	1	5,504	5,323	0,181	3,29
	2	11,393	11,021	0,372	3,26
	3	9,009	8,800	0,209	2,32
3	1	10,554	10,313	0,241	2,28
	2	6,303	5,918	0,385	6,11
	3	5,847	5,639	0,154	2,65

Tabela VI

ZMIANY OBJĘTOŚCI PRÓBEK BADANYCH SKAŁ SENOŃSKICH
W STOSUNKU DO OBJĘTOŚCI PRÓBEK WYSUSZONYCH
DO TEMPERATURY 105°

N	p	V _w	V _p	V _s	V _w - V _s	V _p - V _s	P _{sw} %	P _{sp} %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	1	5,504	5,327	5,323	0,181	0,004	3,40	0,07
	2	11,393	11,034	11,021	0,372	0,013	3,37	0,12
	3	9,009	8,800	8,800	0,209	0,000	2,37	0,00
3	1	10,554	10,304	10,313	0,241	0,001	2,34	0,01
	2	6,303	5,977	5,918	0,385	0,059	6,51	1,00
	3	5,847	5,695	5,693	0,154	0,002	2,70	0,03

Nasycone wodą próbki suszono następnie do ciężaru stałego w temperaturze 105°, obserwując przy tym zmniejszenie objętości próbek. Bezwzględne wartości tego zmniejszenia podano w kolumnie 5 tabeli V. Aby scharakteryzować liczbowo wielkość zaobserwowanego skurczu, obliczono współczynnik skurczu objętościowego próbek skały wysuszonych do stałego ciężaru w temperaturze 105° według wzoru:

$$S_w = \frac{V_w - V_s}{V_w} \cdot 100$$

gdzie: S_w — współczynnik skurczu objętościowego próbki początkowo nasyconej wodą, a następnie wysuszonej do stałego ciężaru w temperaturze 105° w o/o

V_w — objętość próbki nasyconej wodą w cm³

V_s — objętość próbki wysuszonej do stałego ciężaru w temperaturze 105° w cm³

Obliczone w ten sposób współczynniki skurczu objętościowego zestawiono w kolumnie 6 tabeli V, uzyskując wartości wahające się od 2,28 do 6,11%. Wyniki te wskazują, że ze wzrostem wysychania wzrasta skurcz badanych skał, a więc przypuszczać można, że znaczną ilość spełkań badanych skał senońskich można by wiązać ze zjawiskiem jej wysychania.

Z obserwacji polowych dokonanych w wielu łomach wynika, że w górnych partiach łomów procentowy udział szczelinowatości (tj. wyrażonego w procentach stosunku objętości przestrzeni nie wypełnionej skałą, a zawartej między płaszczyznami ograniczającymi szczeliny, do całkowitej objętości badanej skały) jest znacznie większy niż podane tu wartości, malejąc do wartości bliskich tym wartościom, choć zawsze nieco większym w dolnych częściach łomów. Obserwacje te oczywiście nie przeczą, a raczej podtrzymują przypuszczenie o wpływie wysychania skał na jej spełkanie powyżej zwierciadła wody gruntowej.

W tabeli VI zestawiono wszelkie zmiany objętości próbek przy różnym stanie jej wilgotności (nasycenia wodą — kolumna 3; stan powietrzno-suchy — kolumna 4; stan suchy, tzn. przy uzyskaniu stałego ciężaru próbki w temperaturze 105° — kolumna 5) oraz podano bezwzględne wartości zmian objętościowych (przy przejściu ze stanu nasycenia wodą do stanu suchego — kolumna 6 i przy przejściu ze stanu powietrzno-suchego do suchego — kolumna 7). Następnie obliczono współczynniki zmian objętościowych, licząc je w stosunku do objętości próbki suchej, aby uzyskać porównywalne ze sobą wyniki.

Wyznaczono je według wzorów:

$$P_{sw} = \frac{V_w - V_s}{V_s} \cdot 100$$

$$P_{sp} = \frac{V_p - V_s}{V_s} \cdot 100$$

gdzie: P_{sw} — współczynnik pęcznienia próbki nasyconej wodą liczony od stanu suchego (od stałego ciężaru w temperaturze 105°) w o/o

P_{sp} — współczynnik pęcznienia próbki powietrzno-suchej liczony od stanu suchego (przy stałym ciężarze w temperaturze 105°) w o/o

V_w — objętość próbki nasyconej wodą w cm³

V_p — objętość próbki powietrzno-suchej w cm³

V_s — objętość próbki suchej (przy stałym ciężarze w temperaturze 105°) w cm³

Obliczone w powyższy sposób współczynniki zestawiono w kolumnach 8 (P_{sw}) i 9 (P_{sp}). Jak wynika z danych zawartych w ostatnich kolumnach, zmiany objętości przy przejściu ze stanu suchego w stan powietrzno-suchy są niewielkie i tylko w jednym przypadku dochodzą do 1, przy czym dotyczy to próbek o maksymalnych stosunkowych zmianach objętości. Zatem powyżej strefy nasycenia wodą w naturalnie suchej skałce nie ma zapewne większych zmian jej objętości, a szczeliny praktycznie nie zmieniają szerokości.

Analizując podane w tabelach IV — VI współczynniki zauważyć można, że poszczególne próbki każdej z badanych skał bardzo różnie reagują na pęcznienie. Fakt ten daje się wytłumaczyć znaczną niejednorodnością wewnętrzną tych skał mimo ich zewnętrznego, pozornej jednorodności. Dopiero analiza mikroskopowa pozwala na pełniejsze uchwycenie tej niejednorodności. Maksymalne wielkości pęcznienia wiążą się niewątpliwie z maksymalną w danej próbce zawartością minerałów ilowych (przede wszystkim montmorillonitu), których obecność potwierdzono również metodą termiczną i barwnikową.

WNIOSKI

Z przytoczonych danych można wysunąć następujące wnioski:

1. Występujące w przełomowym odcinku Wisły

środkowej ponad strefą nasycenia wodą w stanie naturalnie suchym skały senońskie są częściowo splekane wskutek skurczu.

2. Skały te po nasyceniu wodą pęcznieją z przynajmniej częściowym zwięzieniem istniejących szczelin.

3. Maksymalne pęcznienie obserwuje się w marglach krzemionkowych i marglach opokowych o dużej procentowej zawartości minerałów ilowych.

4. Zjawisko pęcznienia skał senońskich zmniejsza wodoprzepuszczalność splekanego skalnego masywu senońskiego, dlatego należy je uwzględnić przy prognozowaniu ubytków wody z ewentualnego zbiornika.

5. Określenie ilościowego wpływu tego zjawiska wymaga dalszych bardziej systematycznych badań potwierdzających lub korygujących dotychczasowe wnioski. Badania takie są w toku.

SUMMARY

The valley slopes of the reach sector of Middle Vistula river consist of strongly fractured rocks of Upper Cretaceous. Although these rocks are practically completely impermeable, due to their fracturings making an uniform system of fissures perfectly connected with each other — water might easily flow through these fissures.

However, the previous observation on occurrence of most fracturings above the zone of complete water saturation of rock massif and their disappearance in this zone as well as examination of presence of variously swelling clay minerals in the Senonian rocks allowed for assumption that these rocks swell i. e. magnify their volume when they absorb water.

The study of water saturation and drying the samples of Senonian siliceous marl of 10,23% montmorillonite and 17,35% illite contents as well as opoka marl of 14,16% montmorillonite and 6,53% illite contents permit to draw the following conclusions:

- 1 — the above mentioned Senonian rocks occurring above the water saturation zone in natural dry state are partially fractured due to the contraction;
- 2 — these rocks after water saturation swell with at least, partial narrowing of the existing fissures;
- 3 — maximum swelling is to be seen within the rocks of great contents of clay minerals;
- 4 — swelling appearance of the Senonian rocks diminishes the water permeability of the Senonian massif and should be taken into consideration during forecasting of water decreases of an eventual basin;
- 5 — determination of quantitative influence of this phenomenon requires the future study.

РЕЗЮМЕ

Склоны долины прорывного отрезка Средней Вислы сложены сильно трещиноватыми верхнемеловыми породами. Хотя эти породы практически совсем непроницаемы, благодаря трещинам, образующим единую систему сообщающихся друг с другом пустот, вода легко может по ним циркулировать. Однако факт, что максимальная трещиноватость наблюдается над зоной полного водонасыщения и исчезает в этой зоне, а также присутствие в сенонских породах вспучивающихся в различной степени глинистых минералов, привели к предположению, что эти породы вспучиваются (т.е. увеличиваются в объеме при впитывании воды).

Проведенные исследования насыщения водой и высушивания образцов сенонского кремнистого мергеля, содержащего 10,23% монтмориллонита и 17,35% иллита, и опокового мергеля, содержащего 14,16% монтмориллонита и 6,53% иллита, позволили обосновать следующие выводы:

- 1 — перечисленные сенонские породы, залегающие над зоной водонасыщения в естественно сухом состоянии частично растресканы вследствие сжатия;
- 2 — эти породы после насыщения водой вспучиваются, приводя к сужению трещин;

3 — максимальное вспучивание наблюдается в породах с большим содержанием глинистых минералов;

4 — явление вспучивания сенонских пород уменьшает водопроницаемость сенонского массива, что следует учитывать при определении потерь воды из будущего водохранилища;

5 — определение количественного влияния этого явления требует дальнейших исследований.