

Józef SZTEŁAK

BEZPIECZNY SPOSÓB DRAŻENIA SZYBÓW W WARUNKACH ZAGROZEŃ WODNYCH  
DLA PROJEKTOWANEJ SKOJARZONEJ KOPALNI SOLI KAMIENNEJ I POLIHALITÓW  
CHŁAPOWO W REJONIE ZATOKI PUCKIEJ

**Streszczenie.** Przedstawiono układ hydrogeologiczny złoża soli zatoki Puckiej oraz na jego tle źródła i rodzaj zagrożeń wodnych. Omówiono bezpieczny sposób drażenia szybów w warunkach zagrożeń wodnych, rodzaj obudowy gwarantujący jej wodoszczelność oraz wielkość obciążenia obudowy szybu.

## 1. WPROWADZENIE

Z dotychczas udokumentowanych i zagospodarowanych złóż soli kamiennej w Polsce można stwierdzić, że najlepsze parametry geologiczno-górnioze posiada złoże soli kamiennej i potasowej w rejonie Zatoki Puckiej, udokumentowane przez Instytut Geologiczny. Złoże to zalega w formie pokładowej i obejmuje ono olbrzymią powierzchnię w porównaniu z małymi złóżami typu wydawnego. Przy tak olbrzymiej powierzchni występowania złoża o wielkich zasobach soli kamiennej i potasowej oraz stosunkowo dogodnych warunkach dla prowadzenia eksploatacji podziemnej, istnieją bardzo korzystne warunki dla rozbudowy w tym rejonie przemysłu górniczego, składające się z kilku kopalń, jak również przemysłu chemicznego bazującego na tym surowcu. Duża miąższość warstw nadkładu wynosząca około 700 m oraz występujące w nim warstwy o dużym zawodnieniu, głównie do głębokości około 440 m stanowią:

- trudne warunki dla drażenia szybów,
- pośrednie zagrożenie wodne dla wyrobisk poziomych w przypadku niewłaściwego rodzaju obudowy szybów oraz niestrawnej jej wodoszczelności.

Wymienione wyżej dwa problemy są tematem niniejszego artykułu, w którym autor na tle przedstawionego układu hydrogeologicznego i źródeł zagrożeń wodnych, omawia bezpieczny i ekonomiczny sposób drażenia szybów oraz rodzaj obudowy gwarantujący bezpieczeństwo skojarzonej kopalni soli Chłapowo.

## 2. ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

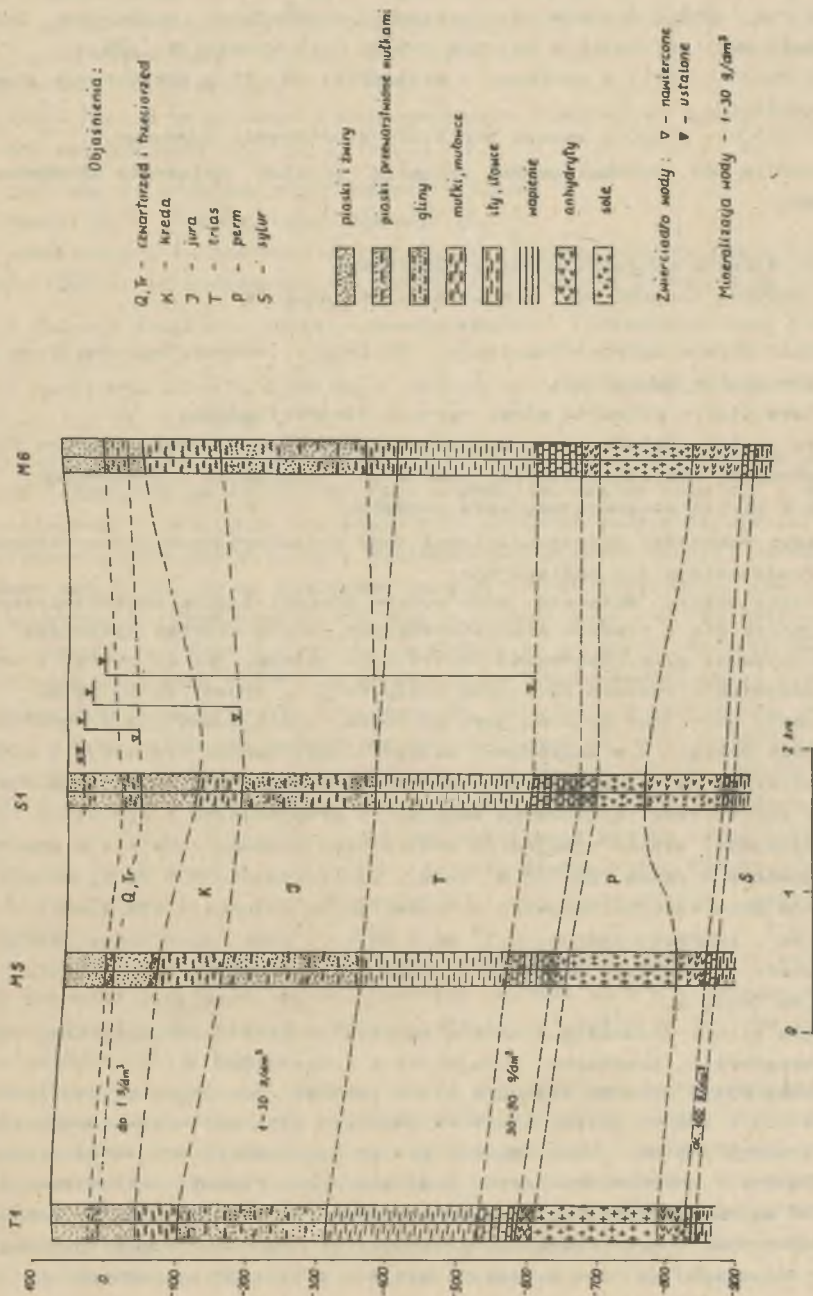
W budowie geologicznej rozpatrywanego złoza uwzględniono te czynniki, od których uzależnione są w głównym stopniu warunki wodne oraz ich wpływ na zawodnienie wyrobisk górniczych.

Do czynników tych należy przede wszystkim zaliczyć charakter litologiczny poszczególnych kompleksów stratygraficznych wchodzących w skład budowy geologicznej rozpatrywanego złoza. W skład budowy geologicznej omawianego obszaru wchodzi utwory:

- czwartorzędowe
- trzeciorzędowe
- kredowe
- jurajskie
- triasowe
- permskie
- sylurskie.

Charakterystyka litologiczna poszczególnych utworów przedstawia się następująco:

- czwartorzęd zbudowany jest z glin, pyłów, piasków i żwirów.  
Przewagę w wykształceniu litologicznym stanowią wodonośne osady piaszczysto-pylaste. Miąższość tych osadów wynosi około 100 m, a miejscami jak np. w otworze nr Chłapowo S-1, wynosi około 157 m,
- trzeciorzęd w rozpatrywanym rejonie zbudowany jest z ilów, gliny, piasków pylastych o charakterze kurzawkowym.  
Miąższość osadów trzeciorzędowych wynosi około 12 m,
- kreda w stropowej części zbudowana jest z ilolupków o miąższości około 21 m zalegających w głębokości od około 122 - 143 m.  
Dolną część utworów kredowych stanowią głównie warstwy wodonośne składające się z piasków drobnoziarnistych z domieszką pyłów oraz wkładek ilastych. Warstwy te zalegają w głębokości od 143 m do około 210 m. Miąższość osadów kredowych wynosi około 88 m,
- jura zbudowana jest z warstw ilu i ilolupku oraz wodonośnych piasków drobnoziarnistych, przy czym przewagę stanowią piaski.  
Miąższość osadów jurajskich wynosi około 186 m, zalegają one na głębokości od ok. 210 - 396 m,
- trias w stropowej części w głębokości od ok. 396 - 441 m zbudowany jest z wodonośnych warstw pyłów i piasków drobnoziarnistych, natomiast spągowa część tych utworów zbudowana jest z grubego kompleksu składającego się z ilowców zalegających na głębokości od 441 m do ok. 678 m,
- perm zbudowany jest z czterech kompleksów litologicznych:  
od 678 - 732 m z wapieni dolomitycznych z przewarstwieniami anhydritu;



Rys. 1. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny przez złożo soli kamiennej i potasowej Zatoki Puckiej

- od 732 - 752 m z anhydrytów praktycznie niewodonośnych;
- od 752 - 858,5 m złoża soli kamiennej z wkładkami anhydrytu. Miąższość serii złożowej w rejonie otworu IG-4 wynosi ok. 106 m;
- od 858,5 - 931,5 m anhydrat o miąższości ok. 73 m praktycznie niewodonośny;
- od 935,5 - 943,0 m wapień marglisty praktycznie bezwodny.

Bezpośrednio pod utworami permu zalegają warstwy sylurskie zbudowane z łolupków.

### 3. UKŁAD HYDROGEOLOGICZNY OBSZARU GÓRNICZEGO SKOJARZONEJ KOPALNI SOLI KAMIENNEJ I POLIHALITÓW

W skład układu hydrogeologicznego omawianego obszaru wchodzi trzy następujące piętra wodonośne:

- pierwsze piętro stanowią górne warstwy czwartorzędowe,
- drugie piętro składa się z kompleksów wodonośnych warstw dolnych czwartorzędowych, trzeciorzędowych, kredowych, jurajskich i triasowych,
- trzecie piętro stanowią wapienie permskie.

Podstawowe własności hydrogeologiczne skał poszczególnych pięter wodonośnych przedstawiają się następująco:

Pierwsze piętro stanowią wody porowe górnych osadów czwartorzędowych składających się z piasków różnoziarnistych, wśród których występują lokalnie soczewki glin. Miąższość warstw tego piętra, jak to wynika z otworów badawczych Miroszewo IG-4 oraz Chłapowo S-1, wynosi około 40 m. Zwierciadło wody tego poziomu jest swobodne, a miejscami gdzie występują gliny jest napięte i w zależności od morfologii terenu występuje w głębokości od kilku do kilkunastu metrów. Współczynnik filtraacji wodonośnych piasków warstw czwartorzędowych waha się w granicach od 1 m/dobę do 70 m/dobę. Wydajność studni ujmujących wodę z tego poziomu waha się w granicach od kilkunastu m<sup>3</sup>/godz. do 120 m<sup>3</sup>/godz., np. w studni nr 6 Puck. Mineralizacja wód górnozwartorzędowych wyrażona suchą pozostałością wynosi około 300/mg/dm<sup>3</sup>, twardość ogólna 10,7° na a pH - 7. Wody omawianego piętra są odizolowane od drugiego piętra wodonośnego warstwą glin o miąższości w granicach od 10-20 m.

Drugie piętro wodonośne stanowią warstwy piasków dolnozwartorzędowych, trzeciorzędowych, kredowych, jurajskich i triasowych. Wymienione wyżej warstwy składają się z piasków różnoziarnistych, drobnoziarnistych i pyłów. Zespół warstw wodonośnych tych pięciu kompleksów stratygraficznych stanowi jeden wspólny poziom wodonośny o zwierciadle napiętym. Miąższość wodonośnych warstw tego poziomu w rejonie otworu wynosi około 340 m, zalegających na głębokości od ok. 70 m do ok. 440 m. Wodonośne warstwy omawianego poziomu podściela gruby kompleks nieprzepuszczalnych skał o miąższości ok. 240 m, składający się z ilowców triasowych.

Wśród rozpatrywanego zespołu wodonośnych warstw występują nieciągłe przeławicenia składające się z ilów. Współczynnik filtracji określony na podstawie przeprowadzonych badań hydrogeologicznych w otworze M. IG-4 warstw jurajskich wynosi ok. 2 m/dobę, dla kredy 0,44 m/dobę, dla dolnych warstw czwartorzędu ok. 5 m/dobę.

Wydażność otworu badawczego z poszczególnych wodonośnych warstw przedstawia się następująco:

- z jury ok. 26 m<sup>3</sup>/godz. przy depresji 15,6 m,
- z kredy ok. 8 m<sup>3</sup>/godz. przy depresji 20,0 m,
- z czwartorzędu (dolne warstwy) około 22 m<sup>3</sup>/godz. przy depresji 9 m.

Mineralizacja wód poszczególnych kompleksów rośnie z głębokością i tak:

- dla dolnego kompleksu warstw czwartorzędowych i kredowych jest ona poniżej 0,5 g/dm<sup>3</sup>,
- dla kompleksu dolnojurajskiego i triasowego mineralizacja waha się w granicach od 15 - 30 g/dm<sup>3</sup>.

Trzecie piętro wodonośne składa się z warstw wapieni permskich zalegających powyżej złoża soli. Wody tego poziomu należą do typu wód porowoszczelinowych i posiadają one napięte zwierciadło wody o ciśnieniu hydrostatycznym wynoszącym 6,7 MPa. Miąższość wodonośnych warstw omawianego poziomu wynosi ok. 50 m. Miejscami warstwy te wyklinowują się lub przechodzą w anhydryty. Współczynnik filtracji wapieni tego poziomu jest bardzo mały i wynosi on około 0,1 m/dobę, a wynika to z małej szczelinowatości omawianego kompleksu warstw. O bardzo słabej wodonośności tego kompleksu świadczy duża mineralizacja wynosząca ok. 80 g/dm<sup>3</sup>. Z powyższego wynika, że są to wody reliktowe sedimentacyjne izolowane od wód atmosferycznych grubym kompleksem warstw nieprzepuszczalnych. Dopływ wody do otworu badawczego z rozpatrywanego poziomu wodonośnego wynosił około 2 m<sup>3</sup>/godz. przy depresji ok. 70 m. Wodonośność wapieni omawianego piętra można porównać z wodonośnością wapieni w kopalniach Lubińsko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego, które pochodzą z tego samego wieku i podobnego układu hydrogeologicznego.

W lubińskich kopalniach miedzi dopływ wody z wapieni zarówno do szybów, jak i do wyrobisk poziomych drążonych w tych skałach jest w granicach od kilkunastu do kilkudziesięciu litrów na minutę, a dopływ do otworów dołowych po niedługim czasie zanika.

Zarówno w wapieniach L.G.O.M., jak i w wapieniach Zatoki Puokiej mamy do czynienia z bardzo słabą wodonośnością tych skał, o czym świadczy bardzo mały współczynnik filtracji poniżej 0,1 m/dobę i współczynnik porowatości, natomiast mineralizacja tych wód jest bardzo duża i wynosi ona około 100 g/dm<sup>3</sup>. Tak wysoki stopień mineralizacji świadczy o słabej wodonośności skał oraz braku łączności hydraulicznej wód serii węglanowej z wodami powierzchniowymi.

Porównując własności hydrogeologiczne skał tych dwóch rejonów oraz ich układy hydrogeologiczne należy stwierdzić, że wody permskie w Zatoce Puckiej nie będą stanowić zagrożenia dla szybów ani też dla wyrobisk poziomych.

Dla pełnego naświetlenia problemu wyjaśnia się, że większe dopływy do kopalni miedzi Lubin pochodzą tylko ze strefy południowej obszaru górniczego, ponieważ w rejonie tym bezpośrednio na wychodniach omawianych wapieni zalegają grube kompleksy wodonośnych piasków trzeciorzędowych, z których to pochodzą zwiększone dopływy do wyrobisk górniczych. Taka zależność hydrauliczna pomiędzy wodami triasowymi i trzeciorzędowymi w Zatoce Puckiej nie występuje. Omawiane piętro wodonośne w rejonie Zatoki Puckiej jest odizolowane od złoża solnego nieprzepuszczalną warstwą składającą się z anhydrytów, których miąższość wynosi około 20 m.

#### 4. ŹRÓDŁA I RODZAJE ZAGROZEŃ WODNYCH ORAZ SPOSOBY ICH LIKWIDACJI

Z układu hydrogeologicznego, o którym jest mowa w rozdziale drugim niniejszego artykułu wynika, że przy drażeniu szybów projektowanej kopalni Chłapowo wystąpią dwa źródła zagrożeń wodnych w warstwach nadkładu:

- pierwsze stanowią wodonośne warstwy piasków górnoczwartorzędowych zalegające do głębokości około 40 m,
- drugi stanowią wodonośne warstwy piasków dolnoczwartorzędowych, trzeciorzędowych, kredowych, jurajskich i triasowych. Wymienione warstwy wodonośne zalegają na odcinku głębokościowym od około 74 m do około 440 m. Grubość tych warstw wodonośnych wynosi około 367 m i są one odizolowane od złoża soli grubym kompleksem warstw nieprzepuszczalnych, składających się z ilowców triasowych, które zalegają na głębokości od 441 - 678 m o grubości około 837 m.

Omawiane warstwy wodonośne wchodzące w skład pierwszego i drugiego piętra wodonośnego stanowią bardzo poważne bezpośrednie zagrożenie wodne dla budowy szybów. W związku z powyższym, drażenie szybów musi być prowadzone z zastosowaniem specjalnej metody a także zastosowania specjalnego rodzaju obudowy szybów i bardzo dokładnego jej uszczelnienia. Podkreśla się, że podstawowym warunkiem bezpieczeństwa projektowanej kopalni w rozpatrywanych warunkach hydrogeologicznych jest precyzyjne wykonanie wodoszczelności obudowy szybów i to w czasie ich budowy, a nie po zakończeniu, jak to często bywa w praktyce. Trzeba pamiętać, że w omawianym rejonie wodonośnym są piaski, które w przypadku nieszczelności obudowy są narażone na suforyzję, w wyniku której powstałaby wokół szybów deformacja typu zapadliskowego.

Omawiane poziomy wodonośne stanowią pośrednie zagrożenie dla wyrobisk poziomych kopalni Chłapowo tylko w tym przypadku, gdy obudowa szybów nie będzie wodoszczelna. W punkcie trzecim niniejszego artykułu podano, że so-

lanka występująca w wapieniach cechsztyńskich nie stanowi dla wyrobisk pionowych i poziomych zagrożenia wodnego z uwagi na bardzo słabą wodonośność skał tego poziomu. Niemniej jednak, z uwagi na bardzo wysokie ciśnienie hydrostatyczne, należy ją zdrenować za pomocą sączków założonych w obudowie szybu. W przeciwnym wypadku obudowa na tym odcinku musi być bardzo gruba lub tubingowa. W związku z powyższym nie jest wskazane zakładanie kosztownej obudowy przy bardzo małym zawodnieniu omawianego poziomu. Solanki tego poziomu mogą być wykorzystane do podsadzki hydraulicznej.

## 5. SPOSÓB DRAŻENIA SZYBÓW

Z układu hydrogeologicznego omówionego w punkcie 2 niniejszego artykułu wynika, że do głębokości 440 m występują wodonośne warstwy piasków różnoziarnistych i piasków pylastych.

Od głębokości 440 m do 678 m zalegają warstwy niewodonośne składające się z ilowców z wtrąceniami gipsu. Poniżej tych warstw na głębokości 678 m do 732 m występują wapienie o bardzo małej wodonośności, w sągu których zalega 20 m warstwa nieprzepuszczalna składająca się z anhydrytu, łupku ilastego i gipsu. Na głębokości 752 m do 860 m zalega pokład soli kamiennej a poniżej tego pokładu zalega od głębokości 860 m do 936 m wapień dolomitowy, a pod nim ilolupki.

W tych warunkach hydrogeologicznych i geologiczno-inżynierskich zaleca się prowadzenie drażenia szybów:

- od 0 - 450 m metodą wrożeńiową z uwagi na duże zawodnienie warstw nadkładu. Na tym odcinku warstwy wodonośne zbudowane są z piasków o charakterze kurzawkowym,
- od 450 - 690 m metodą zwykłą, gdyż na tej głębokości zalegają warstwy nieprzepuszczalne, składające się z ilów triasowych,
- od 690 - 730 m metodą z odwadnianiem przez wyprzedzający drenaż wapieni z dna szybu. Prognozowany dopływ wody około 200 l/minutę. Dla odprowadzenia wody zachodzi potrzeba wykonania komory przelewowej na głębokości około 680 m i zabudowy w niej pomp. Można także na tym odcinku prowadzić cementację wyprzedzającą z dna szybu, wówczas zlikwidowany zostanie wypływ solanki,
- od 732 - 900 m zwykły sposób górniczy. Odcinek ten obejmuje niezawodnione warstwy anhydrytu, soli kamiennej i anhydrytu.

Warunkiem bezpieczeństwa kopalni w rozpatrywanym układzie jest wodoszczelność obudowy. Na odcinku do około 450 m projektowana jest obudowa tubingowa, posadowiona i uszczelniona w warstwach ilolupki. Do uszczelnienia stóp obudowy tubingowej jak i szczelnego wypełniania przestrzeni między obudową wstępną a ostateczną z tubingów, należy stosować tworzywo zapewniające całkowitą szczelność i odporność na działanie wód agresywnych

lub il kaolinitowy. Ponadto uszczelnienie złącz tubingów winno być również takie, ażeby od początku wykonania obudowy do końca użytkowania szybu zachowana została całkowita szczelność.

Koszulkę między tubingami a obudową wstępną można wykonać z tworzyw z dodatkiem piasku, stosowanych do uszczelniania obudowy szybów solnych. Spośród tych tworzyw uważa się, że na obecnym etapie najkorzystniejsza będzie kompozycja piasku z żywicą moczniowo-formaldehydową, np. KMC-60. Żywica ta zespała skały i uszczelnia obudowę w temperaturze 268-308<sup>o</sup>K. W zależności od udziału składników kompozytu uzyskuje się wytrzymałość na ściskanie 15,0 - 20,0 MN/m<sup>2</sup> przy zachowaniu wymaganej szczelności i odporności w środowisku solankowym. Wymagana wodoszczelność obudowy stwarza potrzebę stosowania nie tylko odpowiedniej konstrukcji obudowy, ale również właściwej technologii jej wykonawstwa. Ze stosowanych technologii wykonawstwa obudowy tubingowej najlepszą szczelność uzyskuje się zabudowując ją stopniowo od dołu ku górze. W tym rozwiązaniu przewiduje się, że szyb zostanie zgłębniony do głębokości 450 m w obudowie wstępnej z prefabrykatów betonowych, a następnie od dołu ku górze w obudowie ostatecznej tubingowej. Ciśnienie górotworu na obudowę szybu obliczono według wzoru (1) dla górotworu niezawodnionego w skałach spoiстых, według wzoru (2) dla górotworu w zawodnionych skałach spoiстых i dla warstw kurzwzkowych według wzoru (3). Obciążenie normowe w niezawodnionych skałach spoiстых oblicza się według wzoru:

$$p_D = k_p \cdot p_z \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\varphi_1}{2} \right), \quad (1)$$

gdzie:

$k_p$  - współczynnik koncentracji naprężeń w górotworze, który przy grubościach warstw większych od 1,3 m przyjmuje się  $k_p = 1$ ,

$p_z = \sum_{i=1}^j \gamma_i \cdot h_i$  - ciśnienie pionowe,

$\gamma_i$  - ciężar objętościowy w i-tej warstwie,

$h_i$  - grubość i-tej warstwy,

$\varphi_1$  - pozorny kąt tarcia wewnętrzznego związany ze wskaźnikiem spójności  $f$  Protodiakonowa obliczony według wzoru:

$$\varphi_1 = \operatorname{arc} \operatorname{tg} f.$$

Obciążenie normowe w zawodnionych skałach spoiстых oblicza się ze wzoru:

$$p_D = p_b + p_w, \quad (2)$$



$p_b$  - obciążenie normowe obudowy szybu pochodzące od ciśnienia skał określone wzorem:

$$p_b = k_p \cdot p_{zw} \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\varphi_1}{2} \right)$$

$p_{zw}$  - ciśnienie pionowe z uwzględnieniem siły wyporu wody,

$$p_2 = p_z - \gamma \cdot h_w$$

$h_w$  - wysokość słupa wody.

Obciążenie normowe w skałach kurzawkowych oblicza się ze wzoru:

$$p_o = k_p \cdot \gamma \cdot H, \quad (3)$$

gdzie:

$\gamma$  - ciężar objętościowy skały kurzawkowej w stanie wilgotności naturalnej  $\gamma = 13,0 - 15,0 \text{ kN/m}^3$ ,

$H$  - głębokość, na której określa się obciążenie obudowy szybu,

$k$  - współczynnik koncentracji naprężeń.

Na podstawie wyżej przytoczonych wzorów oraz danych dotyczących własności fizyko mechanicznych skał oraz ciśnienia hydrostatycznego poszczególnych poziomów wodnych, określono wielkości obciążenia obudowy szybu, zestawione w tabelicy 1.

Z przytoczonych w tej tabelicy wielkości wynika, że z dużym obciążeniem na obudowę szybu należy się liczyć na głębokości 670-730 m. Obciążenie to wynika z wysokiego ciśnienia hydrostatycznego wynoszącego około 6,7 MPa (67 atm) trzeciego poziomu wodonośnego.

Biorąc pod uwagę bardzo małą wodonośność trzeciego poziomu, wskazane jest ciśnienie piezometryczne trzeciego poziomu odprężyć przez założenie w obudowie szybów sączków. Określa się, że wielkość dopływu wody z rozpatrywanego poziomu przy depresji około 670 m będzie rzędu od około 100-200 l/min. Wody te, o czym była mowa już wcześniej, mogą być wykorzystane dla celów podsadzkowych.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Stanisław Takuski

Wpłynęło do Redakcji 19.04.82 r.

Tablica 1

## Wielkość obciążenia obudowy szybu

Lp.	Głębokość H m	Skład litologiczny warstw	Pozorny kąt tar- cia ska- ły $\rho$	Wysokość słupa wo- dy m	Ciężnienie pionowe skały $P_z$ $\text{kg/cm}^2$ (0,1 MN/m <sup>2</sup> )	Obciążenie obudowy od parcia ska- ły $\text{kg/cm}^2$ (0,1 MN/m <sup>2</sup> )	Obciążenie obudowy od parcia wody	Obciążenie całkowite obudowy szy- bu $\text{kg/cm}^2$ (0,1 MN/m <sup>2</sup> )
1	200	gliny i piaski wodonośne	18°	170	44	14,2	17	31,2
2	440	piaski wodonośne, gliny, iły i wa- pnie	22°	410	96	22,2	41	63,2
3	600	ilowce z wtrą- ceniem gipsu	46°		132	21,5		21,5
4	676	ilowce	46°		149	24,3		24,3
5	730	wapienie i anhydryty	70°	670	161	5,0	67	72,0
6	860	s61	70°	204	204	6,3		6,3
7	930	anhydryty i dol- omit	75°		218	3,8		3,8

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОХОДКИ СТВолов В УСЛОВИЯХ ОПАСНОСТИ ПРОРЫВА ВОДЫ  
ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ШАХТЫ КАМЕННОЙ СОЛИ И ПОЛИГАЛИТОВ ХЛАПОВО  
В РАЙОНЕ ПУЦКОГО ЗАЛИВА

Р е з ю м е

В настоящей работе представлена гидрогеологическая система месторождения соли Пуцкого залива и на ее основании указаны источники и виды опасностей прорыва воды. Рассмотрен безопасный метод проходки стволов в условиях опасностей прорыва воды, виды крепления гарантирующего его водонепроницаемость и величину нагрузки крепления шахтного ствола.

A SAFE WAY OF DRIVING A SHAFT IN THE CONDITIONS OF WATER HAZARDS  
FOR THE PLANNED ASSOCIATED ROCK-SALT AND POLYHALITE MINES "CHŁAPOWO"  
IN THE REGION OF ZATOKA PUCKA (PUCKA GULF)

S u m m a r y

The paper presents hydrogeological system of the salt deposit in Zato-ka Pucka and against its background sources and kinds of water hazards. A safe way of driving shafts in the conditions of water hazards is descri- bed. A kind of a lining which ensures waterproofness and the quantity of load of a lining of a shaft are discussed.