

Ryc. 2. Plan eksploatacji pokładu nr 10 soli potasowych złoża stebnickiego

Fig. 2. Plan of exploitation of the potash bed No. 10 of the Stebnyk Mine

z kontaktem pokładów potasowych z otaczającymi brekcjami solonośnymi piaszczysto-ilastymi (brekcje te zostały ostatnio scharakteryzowane przez Peryta & Kovalevicha, 1997). Z nimi właśnie są związane wdarcia się solanek do sztolni 43/2 w kopalni nr 1 oraz komorach 115/1 i 126/1 w kopalni nr 2.

W 1960 r. przy drażnieniu sztolni 43/2 stwierdzono wilgotną plamę, przez którą zaczęło się kapanie o wydajności 0,8 l/d. Sztolnię wydrążono na głębokości 110 m, miąższość skał czapy w tym miejscu osiąga 60 m, a grubość strefy ochronnej — 50 m. W ciągu dwóch miesięcy od odsłonięcia wilgotnej plamy przyptyw solanki do chodnika osiągnął 350

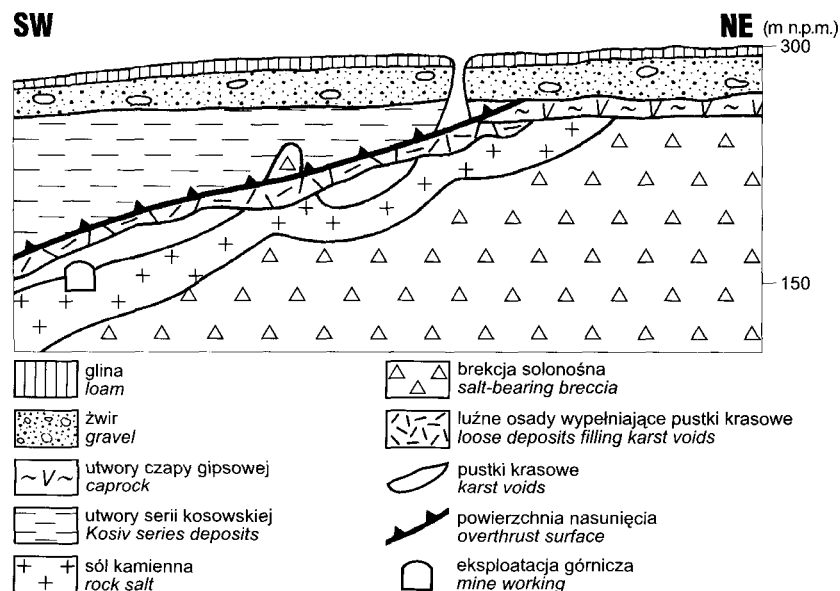
l/d, by potem stopniowo obniżyć się do 40 l/d. Mineralizacja solanki wynosiła 406 g/l, a skład był siarczanowo-chlorkowy sodowo-magnezowy, by przejść w siarczanowo-chlorkowy magnezowo-sodowy, co odpowiada solankom z ługowania. Wydajność solanki wahała się, zwiększając w okresie wiosenno-jesiennym i zmniejszając się zimą. Świadczy to o związku solanek z wodami nadsolnymi i osadami atmosferycznymi. W rejonie przecieku powstała strefa krasowa o długości 100 m i lej krasowy. Przeciek został zlikwidowany w 1971 r. przez budowę tam i tłoczenia materiału tamponowego.

Wdarcie się wody do komory 115 nastąpił w październiku 1978 r. na kontakcie pokładu z otaczającą skałą. Miąższość serii solonośnej do skał czapy gipsowo-ilastej wynosiła 72 m, a miąższość samej czapy — 83 m. W pierwszym tygodniu przyptyw solanki wynosił 7 m<sup>3</sup>/d, a po miesiącu osiągnął 2000 m<sup>3</sup>/d przy obniżeniu mineralizacji z 400 g/l do 150 g/l. Obecnie przyptyw wynosi 200 m<sup>3</sup>/d, a mineralizacja — 320 g/l. Skład solanki jest chlorkowy sodowy, z podwyższoną zawartością siarczanów i magnezu. Przyptyw solanek o stosunkowo niskiej mineralizacji spowodował intensywny rozwój krasu (ponad 90 tys. m<sup>3</sup>). Pomimo prac likwidacyjnych przyptyw do kopalni nr 2 trwa, co grozi jej zatopieniem.

Całkiem inny skład mają skały czapy gipsowo-ilastej powstałej nad utworami solonośnymi formacji tiraskiej. Dokładnie zostały one zbadane w kamieniołomie dombrowskim złoża Kałusz-Hołyń. Skały formacji tiraskiej to brekcje ilaste i ilasto-piaszczyste o cemencie halitowym, przy czym ily przeważają nad fragmentami piaskowca. Taki skład skał warunkował skład czapy gipsowo-ilastej, w której piasku brak, i dla której charakterystyczna jest niska przepuszczalność (Semchuk, 1983).

Analiza składu mineralnego pokładów potasowych złoża Kałusz-Hołyń pokazuje, że w nich jest znacznie mniej minerałów wtórnych niż w skałach formacji worotyżczyńskiej w złożu stebnickim. Świadczy to o tym, że proces niszczenia soli tiraskich był mniej intensywny niż worotyżczyńskich. Potwierdzeniem jest miąższość skał czapy gipsowo-ilastej (20 m). W kopalniach brak jest przecieków związanych z pokładami potasowymi, choć są one eksploatowane od początku obecnego stulecia. Wody dostają się do kopalni ze skał żwirowego poziomu wodonośnego przez szyby i otwory kopalniane. W 1977 r. w kopalni Nowo-Hołyń wyrobiskiem górniczym przecięto szyb wiercenia Krelius 115, wykonanego w 1951 r. Początkowy przyptyw wody do kopalni wynosił 200 m<sup>3</sup>/h i zmniejszył się do 0,07 m<sup>3</sup>/d. Wiercenie zatamponowano, a u dołu postawiono dławik i przeciek powstrzymano.

W ten sposób z powodu braku miąższych poziomów wodonośnych na Przedkarpaciu nie obserwowano błyskawicznego zatopienia kopalni; tutaj ten proces zachodzi powoli, lecz stanowczo, i jest ukierunkowany na likwidację wydrążonych pustek. I w razie ich istnienia (strefa rozładowania) wcześniej bądź później kopalnie zostaną zatopione. Dlatego też w każdym konkretnym przykładzie konieczne jest opracowanie projektów likwidacji kopalni, uprzedzając katastrofy ekologiczne, jakie mogą być



Ryc. 3. Przekrój geologiczny przez północne pole kainitowe kałuskiej części złoża Kałusz-Hołyń

Fig. 3. Geological cross-section through the northern Kainite field of the Kalush part of the Kalush-Hołyń deposit

spowodowane dostaniem się do nich wody i solanek.

### Natura powstawania przejawów solanek i ich związek z budową geologiczną

Biorąc pod uwagę przejawy solanek w kopalniach soli wydzielono trzy grupy genetyczne solanek:

1. Solanki z ługowania skał solnych (hydraulicznie związane z nadsolnymi poziomami wodonośnymi.)

2. Wewnętrzne solanki, które dzielą się na sedymentacyjne i tektonogeniczne.

3. Solanki pochodzenia kondensacyjnego.

Solanki z ługowania postępują ze zwierciadła solnego i cechują się głównie składem siarczanowym z przewagą chlorków sodu. Dostają się one do wyrobisk górniczych, ługując skały solne, co prowadzi do zagłady kopalni.

Wewnętrzne solanki o charakterze sedymentacyjnym cechuje typ siarczanowy bądź chlorkowy. Dla solanek typu siarczanowego typowa jest wysoka zawartość chlorków magnezu i mineralizacja 360 g/l. Dla typu chlorkowego typowa jest akumulacja wapnia w solance. W solankach obu typów obserwuje się wysoką zawartość bromu, boru, strontu i rubidu. Takie solanki cechują się kapaniem i zazwyczaj nie niosą groźby zatopienia kopalni.

W naszej opinii najbardziej niebezpiecznymi solankami są te, które zawdzięczają swe pochodzenie przemianom tektonicznym, jakim zostały poddane skały solne. Pod wpływem procesów tektonicznych zmienia się skład mineralny, tekstura i struktura skały i powstają solanki tektonogeniczne — wynik dehydratacji minerałów uwodnionych: karnalitu i kainitu. Proces ten został opisany w literaturze (Lazarenko i in., 1962; Małykh, 1990) i został potwierdzony eksperymentalnie. Podczas przeobrażenia karnalitu w sylwin wyciskane są solanki. Przy ciśnieniu atmosferycznym karnalit wydziela wodę krystalizacyjną już przy temperaturze 80°C i zawiera jej od 12 do 40% swojej objętości. Produkty dehydratacji — solanki wchodzą w szczeliny lub pustki skał, gdzie jest mniejsze ciśnienie. Takimi miejscami są fałdy antyklinalne i strefy uskokowe. Podczas przechodzenia przez takie strefy wyrobiskami górniczymi obserwuje się kapanie i przecieki o niewielkiej wydajności. Wymienione strefy, wychodząc pod czapę gipsowo-łlastą, gdzie znajdują się solanki z ługowania, stają się kanałem związku solanek obu typów, co grozi zalaniem kopalni.

Rozpatrzmy konkretną sytuację na przykładzie budowy geologicznej kopuły solnej przykaspjskiego Kazachstanu, utworzonej przez sole permskie (Dzhinoridze i in., 1982). Dla celów prognozowania występowania obszarów niebezpiecznych dla przenikania solanek z poziomów wodonośnych przebadano budowę geologiczną serii solnej w obrębie kopalni. W pierwszej kolejności opracowano przekrój stratygraficzny, co umożliwiło stwierdzenie, iż sól jest zmięta w fałdy izoklinalne różnego rzędu, a najbardziej uwidaczniają się fałdy: środkowy synklinalny i SW antyklinalny (ryc. 1). Oprócz tego wyróżniono dwie strefy uskokowe. W obszarze pola górniczego obserwuje się kapanie solanki, które są związane z anhydrytem, przykontaktową częścią pokładu sylwinitowo-karnalitowego, fałdem antyklinalnym i strefami uskokowymi. Brak jest natomiast przejawów solanek w środkowym fałdzie synklinalnym.

Na podstawie analizy przejawów solanek i budowy geologicznej kopuły solnej wydzielono cztery strefy zagrożenia wodnego.

Pierwsza strefa — najbardziej niebezpieczna — jest związana z anhydrytem zawierającym przewarstwienia ila-

ste, które są przewodnikami solanki. Według danych eksperymentalnych (Semchuk, 1983) ze wzrostem koncentracji soli w solance przepuszczalność ilów wzrasta. Dlatego też ility zawierają solankę, która przenika od zwierciadła solnego, i w wypadku powstania obszaru rozładowania się w formie wyrobiska górniczego zaczyna się ruch solanek. Druga strefa jest związana z pokładem karnalitowo-sylwinitowym, który także zawiera przewarstwienia ilaste, lecz w dużo mniejszej ilości, a większość porów i kanałów jest zablizniona halitem. Strefa ta także jest niebezpieczna. Trzecia pod względem niebezpieczeństwa strefa jest związana ze strefami uskokowymi, które są potencjalnymi kanałami dla solanki. Czwarta, bezpieczna strefa jest związana z fałdem synklinalnym, w którym występuje sól kamienna. Dla każdej wymienionej strefy konieczne jest opracowanie oddzielnych projektów eksploatacji, co będzie omówione niżej.

Oprócz karnalitu, procesom dynamometamorfizmu został poddany także kainit, który przekształcił się w langbeinit (Koriń & Dzhinoridze, 1986), w rezultacie czego także uwalniała się określona ilość wody, która była wyciskana w przykontaktową strefę pokładu. Wpływ solanek tektonogenicznych na powstanie przecieku zostanie omówiony na przykładzie złoża stebnickiego (ryc. 2). W kopalni nr 2 tego złoża w pokładzie 10, bloku 115 wystąpiły przecieki. Pokład eksploatuje się komorami zorientowanymi prostopadle do przebiegu złoża; szerokość komory i filaru ochronnego wynosi 15 m, a długość współmierna do miąższości pokładu (w omawianym przykładzie osiąga ona 150 m). Sam pokład jest zmięty w fałd synklinalny o złożonej budowie i pod względem składu mineralnego składa się ze skały langbeinitowej. Przykontaktowa część jest wilgotna z powodu solanek tektonogenicznych w odróżnieniu od samego pokładu, który jest suchy i nie stwierdzono w nim ani kapania, ani przecieków solanek. Komora 115 jest przecięta wzdłuż strefy wyklonowania pokładu, związanej ze strefą uskokową, gdzie skały są także wilgotne. Biorąc pod uwagę, iż obecność wilgoci ostro obniża wytrzymałościowe cechy skał, to masyw o szerokości 15 m (szerokość filaru ochronnego) będzie znacznie bardziej wytrzymały od masywu o długości 150 m (długość komory). Niedoszacowanie wpływu budowy geologicznej pokładów potasowych i właściwości powstawania solanek tektonogenicznych prowadzi do powstania przypływów solanek, które grożą zagładą kopalni.

W procesie badania przenikania wód i solanek w wyrobiska górnicze ważne znaczenie mają strefy uskokowe, będące strefami osłabienia. Przykładem przenikania wód przez strefy uskokowe jest sytuacja, jaka wystąpiła na części złoża Kafusz-Hołyń. Kontakt przykrywających skał terygenicznych serii kosowskiej i solonośnych skał formacji tiraskiej jest tektoniczny (Koriń i in., 1987); biegnie on wzdłuż płaszczowiny kropiwnickiej (ryc. 3), która jest przewodnikiem dla solanek ze zwierciadła solnego. Powierzchnia płaszczowiny została przecięta podziemnymi wyrobiskami górniczymi, co doprowadziło do ruchu solanek. Poruszając się wzdłuż serii solonośnej, solanki ługowały halit z powstaniem podziemnego krasu, w który osypały się skały serii kosowskiej, naruszając zwartość powierzchni. Zawalanie się skał zachodziło momentalnie z zapadaniem się powierzchni ziemi i trzęsieniami ziemi. Wody powierzchniowe kierowały się w kierunku kopalni zatapiając ją.

Stopień niebezpieczeństwa stref uskokowych dla przenikania solanek może być różny i zależy od tego, w jakich skałach wychodzą one pod poziomy wodonośne lub solanki zwierciadła solnego. Maksymalna ilość solanki tworzy się

na obszarze czapy gipsowo-ilastej, gdzie występują pokłady potasowe. Dlatego też, kiedy strefa uskokowa przecina pokład i wychodzi pod czapę gipsowo-ilastą w soli kamiennej lub brekcji piaszczysto-ilastej serii solonośnej, to jest ona mniej niebezpieczna z punktu widzenia wdarcia się wód. Inaczej przebiegają procesy w strefie uskokowej, która wychodzi pod czapą w pokładzie. Skały pokładu potasowego bardziej intensywnie poddają się zmianom wtórnym i tutaj często są obecne solanki tektogeniczne, które dodatkowo osłabiają strefę uskokową, sprzyjając ruchowi solanek.

Do ostatniej grupy należą solanki pochodzenia kondensacyjnego. Powstają one w rezultacie wpływu wilgotności powierzchni na skały solne w cieplej prze roku. Takie solanki pojawiają się w postaci kapania i wilgotnych plam, nie niosąc bezpośredniej groźby dla kopalni. Kondensacyjne solanki często gromadzą się w obniżonych częściach wyrobisk górniczych, co ujemnie wpływa na ich cechy wytrzymałościowe. Przy niesprzyjających czynnikach geologicznych takie solanki mogą spowodować ruch skał i wdarcia się wód do kopalni. Dlatego też lepiej jest je odpompowywać, a w miejscach ich gromadzenia się powinna być zbadana sytuacja geologiczna.

### Metody zapobiegania zatopienia kopalni

Analiza i natura powstania przejawów solanek w kopalniach soli, a także sytuacje awaryjne z nimi związane, świadczą o tym, że w większości przypadków zachodzi to z powodu nieuwzględnienia geologicznej budowy złoża (Shiman, 1992). Lepiej jest przeciekowi zapobiegać niż likwidować kopalnię. Dlatego też, na etapie rozpoznania konieczne jest określenie przekroju stratygraficznego serii solonośnej, na podstawie którego rozszyfruje się tektonikę złoża. Na początku, podczas powierzchniowego rozpoznania tworzy się mapę litologiczno-tektoniczną pierwszego poziomu rozpoznawczego, przy drażeniu którego uszczegóławia się ją. Przy tym szczegółowo analizuje się litologię otaczających skał i skład mineralny pokładów soli potasowej i kamiennej. Taka analiza umożliwi wyróżnienie potencjalnie niebezpiecznych stref dla przenikania solanek i odpowiednio zaprojektować parametry eksploatacji, a także serii ochronnej.

Dla złóż solnych ważne jest określenie miąższości serii ochronnej od solanek strefy hipergeozy. Dlatego też oprócz mapy geologicznej pierwszego poziomu rozpoznawczego konstruuje się mapę strukturalną podstawy czapy gipsowo-ilastej, gdzie bierze się pod uwagę cechy składu skał, z których ona powstaje. Przekroje geologiczne umożliwiają opracowanie mapy litologicznej na przecięciu zwierciadła solnego. Korzystając z takiej mapy uszczegóławia się relief zwierciadła solnego. Takie podejście wyklucza przypadkowe przecięcia czapy gipsowo-ilastej i dostania się solanek z ługowania do wyrobisk górniczych.

Mając mapę geologiczną i strukturalną określa się parametry i układ eksploatowanych komór. W związku z tym, że wzdłuż upadku skał zawsze bardziej intensywnie jest rozwinięte sfałdowanie, co sprzyja wytrzymałości filarów ochronnych, komory należy koniecznie wytyczać w tym kierunku. W fałdach synklinalnych (w kopułach) wytrzymałość filarów ochronnych można zakładać bez specjalnego zapasu, jako że na tych obszarach brak jest niebezpieczeństwa wdarcia się solanek. W innych obszarach przy wyborze parametrów komór konieczne jest wzięcie poprawki na za-

pas trwałości z powodu wilgotności skał. W ten sposób już na etapie prac geologiczno-poszukiwawczych można prognozować obszary przenikania solanek i wód do kopalni soli, co daje możliwość uniknięcia tych negatywnych zjawisk na etapie eksploatacji.

W przypadku wdarcia się wód do kopalni buduje się tamę, a przestrzeń od przecieku do tamy wypełnia się solanką neutralną względem skały. W ten sposób likwiduje się obszar wyładowania się i przeciek ustaje. Przy suchej podsadce przestrzeni przeciek trwa, sprzyjając ruchowi solanki, co tworzy inne kanały dla jej wdarcia się. Doświadczenie budowy tamy i niezawodnej izolacji zatopionej części od suchego w kopalni Kałusz pokazuje, że tama jest niezawodna i nie przepuszcza solanek.

### Wnioski

We wszystkich formacjach solonośnych przy ich przecięciu wyrobiskami górniczymi obserwuje się przeciek solanek oraz awaryjne wdarcia się wód i zatopienie kopalni.

Analiza przejawów solanek daje możliwość ich klasyfikacji i wyróżnienia trzech grup: z ługowania, wewnątrzsolne i pochodzenia kondensacyjnego.

Osłabione miejsca po wdarciu się wód są związane z budową geologiczną serii solonośnych i dla uprzedzenia przejawów solanek konieczne jest ich prognozowanie już na etapie rozpoznania złoża.

Dla niedopuszczenia dostania się wód do kopalni na podstawie poznanej tektoniki złoża w ogólności i konkretnego pokładu w szczególności należy określać parametry i kierunek prowadzenia wyrobisk wydobywczych.

Podczas wdarcia się wód do kopalni buduje się tamę, gdzie przestrzeń między tamą i przeciekiem wypełnia się solankami neutralnymi. Pozwala to na likwidację obszaru wyładowania się solanek i powstrzymanie przecieku.

### Literatura

- DZHINORIDZE N.M., SOKOLOVA T.N., GEMP S.D., ROGOVA M.S., OSPANOV S. & KHECHOYAN K.S. 1982 — [In:] Uslovnia formirovaniia i preobrazovaniia veshchestvennogo sostava porod kaliinykh mestorozhdenii, VNIIG, Leningrad, 44–70.
- KORIŃ S.S. 1994 — *Prz. Geol.*, 42: 744–747.
- KORIŃ S.S. & DZHINORIDZE N.M. 1986 — *Sovetskaya geologia*, 1: 95–97.
- KORIŃ S.S., SADOVYI V.F. & MOSORA T.M. 1985 — [In:] *Evapority Ukrainy*: 50–57. Kiev.
- KORIŃ S.S., SEMCHUK Y.M., MOSORA T.M. & DZHEKSEMBAYEV Y.M. 1987 — *Sovetskaya geologia*, 7: 12–15.
- KOWALEWICZ W.M. 1994 — *Prz. Geol.*, 42: 738–743.
- LAZARENKO E.K., GABINET M.P. & SLIVKO E.P. 1962 — *Mineralogia osadochnykh obrazovaniy Prikarpatya*. Lvov: 477.
- MALYKH A.V. 1990 — *Sovetskaya geologia*, 4: 55–58.
- PERMYAKOV R.S., ROMANOV V.S. & BELDY M.P. 1981 — *Tekhnologia dobychi soley*. Niedra, Moskva: 272.
- PERYT T.M. & KOVALEVICH V.M. 1997 — *J. Sediment. Res.*, 67: 913–922.
- SEMCHUK Y.M. 1983 — [In:] *Kaliynaya promyshlennost SSSR i okruzhayushchaya sreda*, Minsk: 127–131.
- SHIMAN M.I. 1992 — *Predotvrashchenie zatopenia kaliinykh rudnikov*. Niedra, Moskva: 176.