

Mgr inż. Zenon Kubański
V-Dyrektor Departamentu
Miernictwa i Wiertnictwa
Wyższego Urzędu Górniczego

PROBLEMY BEZPIECZEŃSTWA PRACY PRZY EKSPLOATACJI SIARKI OTWORAMI WIERTNICZYMI METODĄ PODZIEMNEGO WYTAPIANIA

Zagadnienie bezpieczeństwa pracy przy eksploatacji siarki otworami wiertniczymi metodą podziemnego wytapiania związane jest nierozdzielnie z rozwojem tej metody i wzrastającym wydobyciem.

Postępujący rozwój życia na ziemi, wymagający stałego wytwarzania dóbr materialnych, zmusza człowieka do coraz intensywniejszego poszukiwania nowych złóż surowców mineralnych oraz do maksymalnego ich wyeksploatowania i wykorzystania.

Dominującą rolę w gospodarce światowej ugruntował sobie przemysł w szczególności bazujący na surowcach pochodzenia mineralnego, które stanowią materiał wyjściowy dla wszystkich jego kluczowych gałęzi.

Równoległe ze stale rosnącym wzrostem zapotrzebowania na surowce mineralne, rozwijała się i zdobywała doświadczenie nauka geologiczno-poszukiwawcza, której stałym zadaniem jest w szczególności zabezpieczenie potrzeb na surowce mineralne.

Efektom poszukiwań, których podstawą stała się stale udoskonalana technika badań geologicznych, a w szczególności prac sejsmicznych i techniki wiertniczej, było odkrycie szeregu złóż różnych surowców mineralnych, a między innymi złóż rud siarki.

Historia eksploataowania i przeróbki rud siarkowych, czy też bezpośrednio podziemne wytapianie siarki w złożu, ma swoje wieloletnie tradycje, a metody eksploatacji są stale ulepszane, w zależności od warunków geologiczno-hydrogeologicznych, w jakich występują eksploatowane złoża.

Bogate doświadczenia w powyższym zakresie posiadały Włochy, będące monopolistami siarkowymi na rynkach światowych do chwili praktycznego wprowadzenia metody podziemnego wytapiania siarki otworami wiertniczymi - metoda Fraso. Od tej chwili Stany Zjednoczone objęły prowadzenie w produkcji siarki, które utrzymują do obecnej chwili. Z napływających z tego kraju informacji wynika, że kraj ten wyprodukował w 1968 r. metodą Fraso 5,92 ml ton siarki elementarnej, wartości 261 mln dolarów, wobec 7,37 ml ton w 1967 r. W 1968 r. po raz pierwszy od lat światowa produkcja siarki przewyższyła jej zużycie, a nadwyżka w produkcji osiągnęła około 500 000 ton, przy globalnej produkcji w wysokości 27,4 mln ton.

Doświadczenia i obliczenia wykazują, że podziemne wytapianie, nawet przy współczesnym, dalekim jeszcze od doskonałości poziomie opracowania, pozwala na uzyskanie siarki, soli, miedzi oraz niektórych pierwiastków rzadkich po cenie znacznie niższej niż przy posługiwaniu się tradycyjnymi metodami górnictwami. Znacznie łatwiej jest bowiem odwiercić, zarurować i uzbroić otwór wiertniczy, aniżeli zbudować i wyposażyć "tradycyjną" kopalnię - odpada również przy tej metodzie konieczność budowy specjalnych zakładów przerobowych.

Eksploatacja siarki powyższą metodą uwalnia człowieka od bardzo ciężkiej i niebezpiecznej pracy pod ziemią, co jest obok małych kosztów wydobywania najbardziej ważkim argumentem przemawiającym na korzyść tej metody. Obecnie w świecie około 2/3 produkcji siarki wydobywa się metodą podziemnego wytapiania. Należy nadmienić, że metoda ta obecnie jest opłacalna przy głębokości zalegania złoża nie większej od 800 m.

Z obliczeń wynika, że eksploatacja złóż siarki zalegających w głębokości od 60 do 120 m umożliwia otrzymanie produktu użytecznego półtora a nawet dwa razy taniej niż przy eksploatacji tradycyjną metodą górnictwami.

Odkrycie krajowych zasobnych złóż siarki na początku lat pięćdziesiątych postawiło przed polskim górnictwem zadanie opracowania teoretycznego i praktycznego zastosowania ekonomicznych metod ich eksploatacji.

Już podczas wstępnych rozważań w latach 1954-1955 analizowano między innymi również możliwość prowadzenia eksploatacji metodą podziemnego wytapiania przy pomocy otworów wiertniczych, zdającą egzamin w określonych warunkach geologicznych, z powodzeniem stosowanej przez Meksyk i Stany Zjednoczone.

Przeprowadzone rozeznanie własne oraz opinie ekspertów meksykańskich i amerykańskich wykluczały zastosowanie tej metody na dotychczas rozpoznanych złożach, z uwagi na warunki geologiczne ich występowania, dopiero konfrontacja warunków krajowych z warunkami meksykańskimi pozwoliła podjąć decyzję sporządzenia projektu koncepcyjnego budowy kopalni doświadczalnej eksploatacji siarki otworami wiertniczymi metodą podziemnego wytapiania.

Po zaakceptowaniu projektu przez Komitet do spraw Nauki i Techniki w połowie 1964 r. powołano specjalną jednostkę organizacyjną pod nazwą Kopalni Doświadczalnej Siarki.

Przed zespołem, powołanym do spraw budowy kopalni postawiono zadanie wybudowania instalacji doświadczalnej do podziemnego wytapiania siarki na skalę przemysłową, przeprowadzenia wytopu oraz ustalenia wskaźników techniczno-ekonomicznych tej eksploatacji, w szczególności takich, jak zużycie wody na jedną tonę siarki, zużycie energii elektrycznej oraz sprężonego powietrza, jak również ustalenie odległości między otworami i przybliżonej ilości siarki otrzymanej z jednego otworu.

Dzięki ambitnej i pełnej poświęcenia postawie kadry naukowo-technicznej oraz pozostałych pracowników, zadania te zostały pomysłnie wykonane i w naszym kraju po raz pierwszy rozpoczęto eksploatację siarki otworami wiertniczymi metodą podziemnego wytapiania. W okresie od czerwca 1966 r. do lipca 1969 r. zanotowaliśmy olbrzymi rozwój potencjału eksploatacyjnego górnictwa siarkowego, tak że obecnie Polska - po Stanach Zjednoczonych - powinna znaleźć się na drugim miejscu listy głównych producentów siarki w świecie.

Historycznie, metoda podziemnego wytapiania siarki, zwana metodą Frascha, wiąże się ze złożem Caloasien - Parish w Luizjanie (USA), które odkryte w 1865 r. dooczekowało się eksploata-

oży w 1903 roku, po technicznym wprowadzeniu tej metody przez Bernarda Frascha.

Ogólnie uważa się, że metoda ta może być stosowana skutecznie w warunkach, gdy istnieje pokład rudy o głębokości co najmniej 10 m i zawartości siarki ponad 20%, posiadający dostateczną przepuszczalność oraz gdy istnieje w stropie i spągu pokładu rudy siarkowej dostatecznie gruba a nieprzepuszczalna warstwa utworów uniemożliwiających ucieczkę wody na powierzchnię.

Dotychczas ani w praktyce ani też w literaturze nie można znaleźć danych, które by określały współczynniki graniczne stosowania tej metody, dla wymienionych powyżej punktów. Jedynym współczynnikiem jest ilość wody gorącej używanej na jedną tonę siarki, której nadmierne zużycie prowadzi do zaniechania produkcji tą metodą. I tak na przykład w Meksyku, w latach 1953-1957, czyli po blisko 50 letniej tradycji tej metody wybudowano pięć kopalń, z których utrzymało się tylko dwie, przy czym jedna z nich dopiero po kilkuletnim prowadzeniu zmniejszyła zużycie jednostkowe gorącej wody do ilości $8 \text{ m}^3/1 \text{ t}$ siarki.

Również przykłady amerykańskie - kraju rodzinnego metody Frascha - wykazują podobne przykłady i tak na przykład na 25 kopalń w Luizjanie i Texasie, aż 12 nie wydobyło więcej jak jeden milion ton siarki (między 2.000 ton a 800.000 ton), dalszych osiem kopalń wydobyło tylko między jednym do pięciu milionów ton, a tylko pięć pozostałych wydobyło powyżej pięciu milionów ton każda.

Kopalnia eksploatująca siarkę metodą podziemnego wytapiania przedstawia zespół otworów produkcyjnych i odprężających (odpompowujących wodę ze złoża), połączonych siecią rurociągów ze stacją kontrolno-pomiarową i zakładem dostarczającym wodę gorącą oraz sprężone powietrze.

Woda z ujęcia kierowana jest do zakładu grzewczego, skąd po przejściu przez stację kontrolno-pomiarową tłoczona jest otworami do złoża; po wytopieniu siarki większa część wody ze złoża jest odbierana otworami odprężającymi i po przejściu

przez stację odsiarozania wód, kierowana ponownie do zakładu grzewczego.

Powietrze sprężone kierowane jest rurociągami $\phi 1''$ do otworów, gdzie wykonuje pracę podnośnika powietrznego (erliftu) wynosząc siarkę w przestrzeni między rurami $\phi 3''$ i $\phi 1''$ na powierzchnię, skąd płynie rurociągiem na składowisko.

Zasada metody opiera się na ogrzaniu złoża do temperatury topności siarki, to jest 115° do 140°C , przy pomocy wtłoczonej przez otwory wiertnicze wody gorącej. Własności fizyczne siarki umożliwiają jej stopienie we wnętrzu pokładu rudy oraz oddzielenie od wód złożowych na skutek znacznej różnicy ciężarów gatunkowych i lepkości w temperaturach 115° do 160°C . Z chwilą uzbrojenia otworu w głowicę eksploatacyjną i podłączenia instalacji wodnej, parowej, sprężonego powietrza oraz rurociągu odprowadzającego na składowisko stopioną siarkę, przystępuje się do podziemnej eksploatacji siarki gorącą wodą.

Do złoża produktywnego wtłacza się wodę o temperaturze około 140°C (na głowicy eksploatacyjnej), która wpływa do złoża przez otwory perforacyjne w dolnej części kolumny rur $\phi 6''$.

W pierwszym etapie wtłacza się gorącą wodę kolumnami rur $\phi 3''$ i $\phi 6''$, gdzie woda wpływa do złoża przez otwory perforacyjne dolnego i górnego odcinka perforowanej rury $\phi 6''$. Po pewnym czasie przerywa się dopływ wody gorącej rurami $\phi 3''$, a dalsze jej wtłaczanie odbywa się tylko kolumną rur $\phi 6''$, przy czym woda wpływa tylko przez górny odcinek perforowanej rury $\phi 6''$.

Pod wpływem wytworzonej temperatury w złożu następuje wytapianie siarki ze złoża, która to siarka spływa otworami dolnego odcinka perforowanej rury $\phi 6''$ do kolumny rur $\phi 3''$ i podpływa do góry mniej więcej do połowy otworu, na skutek ciężaru własnego oraz pod wpływem ciśnienia wtłoczonej wody. Stopioną siarkę wydobywa się przestrzenią pierścieniową, którą tworzą kolumny rur $\phi 3''$ i $1''$, przy zastosowaniu podnośnika powietrznego.

Wypływająca z otworu siarka jest magazynowana na składowiskach, gdzie się zestala. Zestaloną siarkę przy użyciu kopar-

ko-ładowarek załadowuje się na odpowiednie środki transportowe.

Jak widać z przedstawionego wyżej opisu kopalni eksploatującej siarkę, najważniejszym elementem w tym procesie jest przygotowanie dostatecznego frontu produkcyjnego przez wykonanie dużej ilości otworów wiertniczych.

Wiercenie otworów eksploatacyjnych prowadzi się w siatce trójkątnej przy odległości otworów od 45 do 60 metrów, frontem liniowym o szerokości w zasadzie do 270 metrów po upadzie złoża (na tak zwaną zakładkę), urządzeniami wiertniczymi mechanicznymi - obrotowymi typu URB - 3AM, produkcji radzieckiej.

Od 0,00 m aż do zawiercenia około 10 do 15 metrów w ilach krakowieckich, wiercenie prowadzi się przy użyciu płozki łożowej świdrem "rybi ogon", następnie otwór ruruje się rurami średnicy 14 do spodu i rury cementuje się na całej przestrzeni, badając następnie skuteczność zamknięcia warstw oszwardowanych.

Dalsze wiercenie prowadzi się przy użyciu płozki wednej świdrami skrawającymi do stropu złoża, po czym zapuszcza się rury średnicy 8 5/8", cementując je do wierzchu oraz przeprowadzając próbę szczelności rur i próbę skuteczności cementowania metodami geofizycznymi.

Wiercenie przez złożę prowadzi się przy 100% rdzeniowaniu wysokosprawnymi rdzeniówkami podwójnymi, zawierając w spągu złoża do dwóch metrów, po czym po dokładnym przepłukaniu otworu oraz wykonaniu badań geofizycznych, przedsiębiorstwo wiertnicze, które wykonywało te prace przekazuje otwór służbie geologiczno-technicznej kopalni.

Dalsze prace związane z opuszczaniem rur średnicy 6", 3" i 1" oraz wyposażeniem otworów w napowierzchniową armaturę eksploatacyjną, wykonuje służba techniczna kopalni. Wyprzedzenie otworów wierconych w stosunku do otworów eksploatowanych wynosi co najmniej 120 metrów, przy czym należy zaznaczyć, że przy mniejszej odległości otworów zdarzają się przykre wypadki wyrzutów gorącej wody z wierconych otworów oraz trudności związane ze skutecznym cementowaniem rur w tych otworach, co przy późniejszej eksploatacji powoduje przedzieranie się wód zło-

żowych poza rurami oraz tworzenie się lejów i osuwisk wokół eksploatowanych otworów.

Wszystkie otwory po odwierceniu i przekazaniu ich służbie technicznej kopalni zostają zarurowane i wyposażone w napowierzchniową armaturę eksploatacyjną, przy czym najbardziej odległe od frontu eksploatacji, z reguły spełniają rolę otworów odprężających.

Podczas wiercenia, na wytypowanych przez służbę geologiczną otworach prowadzi się badania dotyczące w szczególności głębokości nawiercenia i ustabilizowania się zwierciadła wód, wysokości poziomu wody w otworze w czasie przerw w wierceniu, wielkości samowypływu z określeniem ciśnienia oraz temperatury wody.

Na wierconych otworach prowadzona jest dokumentacja techniczno-ruchowa, a w szczególności przewidywany profil geologiczny, projekt geologiczno-techniczny otworu, raporty wierciacza oraz raporty wiertnicze, projekty i protokoły z cementacji rur, rzeczywisty profil geologiczny, książka kontroli urządzeń i sprzętu, jak również książka kontroli wiertni.

Po zakończeniu wiercenia, a przed oddaniem otworu do eksploatacji wykonuje się kompleksowy karotaż geofizyczny oraz badania hydrogeologiczne, określające w szczególności poziom zwierciadła wody, ciśnienie i temperaturę wody, wielkość samowypływu i filtrację serii złożowej. Ponadto prowadzi się badania laboratoryjne oraz fizykomechaniczne rdzenia wiertniczego z rudy siarkowej. Na podstawie pomiarów, badań, obserwacji oraz uzyskanego rdzenia w przeciągu trzech tygodni od zakończenia wiercenia sporządza się dokumentację wynikową wiercenia.

Oprócz powyższych badań w obrębie eksploatowanego złoża prowadzone są obserwacje i badania warunków hydrogeologicznych w szczególności dla ochrony wód pitnych przed skażeniem związkami siarki. Badania te i obserwacje prowadzone są w specjalnych otworach obserwacyjnych, w wytypowanych studniach chłopskich oraz na wychodniach pokładów.

Podczas prowadzenia prac wiertniczych i eksploatacyjnych na przestrzeni lat: od czerwca 1966 r. do lipca 1969 r., w kopalniach eksploatujących siarkę metodą podziemnego wytapiania zaistniało ogółem 96 wypadków przy pracy, z czego 5 wypadków II kategorii, 23 wypadki III kategorii oraz 68 wypadków IV kategorii. Wypadki powyższe miały miejsce głównie na oddziałach eksploatacyjnych, oddziałach rafinacji i zestalania siarki oraz oddziałach mechanicznych. Zaznaczyć należy dużą ilość wypadków poparzeń I i II stopnia - 30; niemniej jednak obecnie należy stwierdzić znaczne zmniejszenie się ilości poparzeń I stopnia; w ostatnim roku 1 wypadek - w porównaniu do roku poprzedniego, kiedy miało miejsce 7 wypadków.

Równocześnie stwierdzono zmniejszenie się wskaźnika częstotliwości wypadków na 1000 pracowników z 12,1 w II półroczu 1967 r. i I półroczu 1968 r. do 7,4 w II półroczu 1968 r. i w I półroczu 1969 roku oraz wskaźnika ciężkości wypadków z 33,6 do 22,4. Należy zaznaczyć, że średnie zatrudnienie w kopalniach siarki wzrosło z 1160 w 1967 r. do 3530 w 1969 roku.

Przyczynami najcięższych wypadków była w szczególności niewłaściwa organizacja pracy, przechodzenie w miejscach niedozwolonych, zapinanie planek w czasie ruchu wagonów oraz pozostawienie niezabezpieczonego ciągnika i uruchomienie go przez pracownika nieupoważnionego do obsługi.

Przy prowadzeniu i rozwijaniu potencjału produkcyjnego oraz frontu eksploatacji siarki otworami wiertniczymi, napotymano na szereg przeszkód i trudności zakłócających ciągłość i bezpieczeństwo ruchu.

Analizując zagrożenia, przeszkody i trudności, jak również ciekawsze zjawiska napotymane w czasie eksploatacji siarki metodą podziemnego wytapiania, w szczególności należy omówić:

- Zagrożenia spowodowane szkodliwym oddziaływaniem siarki i siarkowodoru. Przy eksploatacji siarki mają miejsce następujące operacje technologiczne, które mogą wpływać niekorzystnie na stan zdrowia pracowników: operacje z siarką płynną, zestalanie siarki, kruszenie siarki, załadunek i transport siarki oraz odsiarczanie wód.

Przebywanie w atmosferze znacznie zapyłonej pyłem siarkowym może powodować bóle i zawroty głowy, uczucie zmęczenia, poecie się, przyspieszenie tętna i bóle brzucha. Długotrwałe wdychanie pyłu siarkowego może doprowadzić do sohorzenia płuo.

Pod wpływem działania pyłu siarkowego doohodzi niekiedy do zapalenia spojówek oczu. Zanotowano 14 przypadków zaprószień oczu - nie dotyczyły one jednak pracowników zatrudnionych bezpośrednio w produkcji.

Kopalnia nie dokonuje pomiarów stężeń zapylenia powietrza - jednorazowe pomiary zostały przeprowadzone przez Stację Sanitarno-Epidemiologiczną.

W powietrzu wilgotnym pył siarki może się utleniać, a wtedy dwutlenek siarki w połączeniu z parą wodną tworzy kwas siarkowy. Przeprowadzone pomiary wykazały tylko ślady SO_2 . Należy przypuszczać, że wartości śladowe SO_2 pochodzą ze spalania węgla w kotłowni.

Silnie trującym związkem siarki jest siarkowodór, który w kopalni występuje głównie w stacji odsiarczania wód, w rowach ściekowych i w zbiornikach ze ścieków. Stężenie siarkowodoru w powietrzu w ilości rzędu 1,5 mg/l wywołuje natychmiastowy zgon na skutek porażenia ośrodką oddechowego - w takim stężeniu siarkowodór nie jest przez człowieka wyożuwalny narządem węchu. Wyniki pomiarów w kopalniach na ogół wahają się w dopuszczalnych granicach, przy czym najwyższe dopuszczalne stężenie wynosi 0,01 mg/l. Maksymalne wartości tych stężeń występują krótkotrwanie i sporadycznie, a większość pomiarów wykazuje wartości poniżej dopuszczalnego stężenia siarkowodoru w powietrzu.

Pomiary stężeń siarkowodoru są wykonywane przez przeszkolonych pracowników pod nadzorem osób dozoru ruchu.

Pracowników narażonych na ewentualne działanie siarkowodoru, po odpowiednim przeszkoleniu, wyposaża się w maski przeciwgazowe i pochłaniaacze filtrujące siarkowodór. Pracownikom zatrudnionym w warunkach szkodliwych wydaje się oukier. Należy tutaj podkreślić, że w trakcie załatwiania jest postulat kierownictwa kopalni w sprawie przyznawania pracownikom zatrudnionym na

stanowiskach szkodliwych dla zdrowia, dwutygodniowych urlopów zdrowotnych;

- Istotny problem samowypływów i erupcji gorącej wody złożowej w czasie wiercenia otworów oraz towarzyszące zjawisko wypływu gorącej wody spoza rur i powstawanie zapadlisk w obrębie eksploatowanych już otworów. Powyższe zjawiska oprócz poważnego zagrożenia bezpieczeństwa pracy stwarzały olbrzymie niebezpieczeństwo zakażenia siarkowodorem czwartorzędowych wód pitnych okolicznych miejscowości. Temu szkodliwemu zjawisku zapobieżono częściowo przez wprowadzenie "Tymczasowych wytycznych dla ustalenia środków zabezpieczających przed wypływami wody gorącej przy prowadzeniu prac wiertniczo-eksploatacyjnych wraz z instrukcją technologii cementowania rur okładzinowych". Powyższe wytyczne i instrukcja określiły zasady prowadzenia koniecznych robót wiertniczych w warunkach wyżej wymienionych zagrożeń, sposób przeciwdziałania tym zagrożeniom oraz technikę i technologię rurowania i cementowania rur w otworach wiertniczych. Obecnie w dalszym ciągu stwierdza się zmniejszenie ilości samowypływów gorących wód, a w szczególności ich erupcji w odniesieniu do wzrastającej ciągle ilości otworów eksploatacyjnych.

Dalszą poprawę na tym odcinku zanotowano również po odpowiednim wykorzystaniu do lokalizacji prac wiertniczo-eksploatacyjnych map rejonów eksploatowanych z podaniem na nich rozkładu ciśnienia i temperatur w złożu.

- Zagadnienie odprężania złoża, polegające na odpompowywaniu nadmiaru wody za złoża otworami odprężającymi w celu obniżenia ciśnienia złożowego, a tym samym uniemożliwienia wypływu wód złożowych na powierzchnię i powstania nowych dróg dla ucieczki wody, która mogłaby doprowadzić do zdyskwalifikowania złoża dla eksploatacji metodą otworową. Pierwotny projekt próbnej eksploatacji nie przewidywał odprężenia złoża, jednak po 7 miesięcznym okresie eksploatacji stan hydrogeologiczny złoża uległ znacznemu pogorszeniu i odprężenie

złoża stało się koniecznością. Przed zatłoczeniem wody do złoża poziom statyczny wód złożowych na jednej z kopalń kształtował się na głębokości 15-18 m od wierzchu. Po wtłoczeniu w złożo około 500 000 m wody na sześciu otworach obserwacyjnych, oddalonych o około 300-400 m od eksploatowanych otworów, poziom ten podniósł się do wierzchu. Świadczyło to o wypełnieniu się złoża i konieczności jego odprężania;

- Wykorzystanie badań hydrogeologicznych rejonu eksploatacyjnego oraz obszaru przyległego do sporządzania map ciśnienia złożowego i temperatur jak również wykorzystanie powyższego do określania prognozowania bezpiecznych rejonów dla prowadzenia wierceń bez narażenia się na możliwość wyrzutów gorącej wody z otworów w trakcie wiercenia oraz na niski uzysk rdzenia z partii złożowej. Ponadto mapy rejonu eksploatacyjnego i przyległego z naniesieniem izolinii represji (ciśnien) oraz izolinii temperatur wód złożowych, pozwalają bardzo dokładnie typować kolejność włączania otworów do eksploatacji, jak również określać długość wstępnego okresu grzania otworów, tzn. początkowego - przed eksploatacją wtłaczania gorącej wody przestrzenią między rurową, rur ϕ 8" i 6" oraz rur o ϕ 6" i 3". Mapy te przydatne są również do sytuowania otworów odprężających;
- Zjawisko optymalizacji produkcji otworów, jak również współpracy pomiędzy sobą pewnych otworów. Rozpatrując pracę poszczególnych otworów podjęto próby optymalizacji produkcji poprzez regulację ilości wtłaczanej wody gorącej do otworu. Pierwsza próba przeprowadzona na otworze wykazała, że otwór ten pobierał na dobę około 600 m³ wody, dając produkcję rzędu 100 ton siarki na dobę. Ograniczenie ilości wody do 250 m³ nie obniżyło produkcji tego otworu. Stwierdzono, że zmniejszenie ilości wtłaczanej wody do danego otworu można przeprowadzić do pewnej granicy, po przekroczeniu której następuje zmniejszenie produkcji. Z uzyskanych doświadczeń wynikało, że każdy otwór należy rozpatrywać indywidualnie, przy czym wszystkie otwory przy innych wartościach wskaźnika zu-

życia wody na 1 tonę siarki - posiadają optymalne warunki eksploatacji.

W czasie określania optymalnych warunków należy rozpatrywać również zachowanie się otworów sąsiednich - stwierdzono bowiem, że pewne otwory eksploatacyjne współpracują ze sobą;

- Problem małego uzysku rdzenia z serii złożowej na wierconych otworach, co znacznie utrudniało sporządzanie rzetelnych dokumentacji geologicznych, a w szczególności uniemożliwiało przeprowadzanie badań laboratoryjnych oraz fizykomechanicznych rdzenia wiertniczego.

Zdecydowana poprawa w tym zakresie nastąpiła po wprowadzeniu podwójnych rdzeniówek wiertniczych, uniemożliwiających bezpośredni kontakt medium płuczącego z nawierconym rdzeniem wiertniczym oraz prognozowanie wierceń w rejonach nie zagrożonych działaniem wody gorącej;

- Zjawisko zestalania się siarki w rurach $\phi 3''$, jak również długi okres wstępnego grzania otworów przed rozpoczęciem produkcji.

Szczegółowe obserwacje i badania w tym zakresie pozwoliły na częściowe zapobieżenie temu zjawisku przez wypracowanie metody polegającej na zwiercaniu zestalonej siarki jak również na stosowaniu wibratorów zamontowanych w rurach.

- Osiadania kamienia kotłowego w kotłach oraz przewodach rurowych na trasie rurociągów technologicznych.

Średnio co 25 dni zachodziła konieczność czyszczenia kotłów oraz wymiany pewnych odcinków rur. Aby zapobiec temu szkodliwemu zjawisku, zamontowano na trasach rurociągów wody zimnej odmulacze oraz specjalne urządzenia do zmiękczenia wody, zmniejszając poważnie ilość osadzającego się tam kamienia kotłowego. Problemem tym w dalszym ciągu zajmują się odpowiednie Instytuty Naukowo-Badawcze ponieważ nie został w pełni rozwiązany;

- Silną korozję rurek powietrznych $\phi 1''$, pracujących w szczególnie agresywnej atmosferze (H_2S , H_2O , wysoka temperatura), których średnia żywotność wynosiła 1 miesiąc.

Zastosowanie rurek antykorozyjnych ze stali chromowej oraz rurek aluminiowych pozwoliło na przedłużenie ich żywotności do trzech miesięcy i dłużej.

Niezależnie od tego przeprowadzono pozytywne próby cementowania powierzchniowego rur $\phi 3''$, co znacznie przedłużyło ich żywotność.

Zagadnienie przedłużania żywotności rur $\phi 1''$ oraz rur $\phi 3''$ jest nadal otwarte, w dalszym ciągu prowadzone są badania i doświadczenia w tym zakresie.

Należy tutaj wspomnieć, że bardzo duży wpływ na zmniejszenie korozji rur $\phi 1''$ oraz rur $\phi 3''$ ma ciągłość wypływu siarki z eksploatowanego otworu, na składowisko.

Omawiając problemy bezpieczeństwa przy eksploatacji siarki metodą podziemnego wytapiania, należy koniecznie omówić bardzo owocną i pożyteczną dla rozwoju tej eksploatacji działalność zespołu powołanego zarządzeniem Ministra Przemysłu Chemicznego oraz Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, w sprawie ustalenia zasad tej eksploatacji oraz opracowania szczegółowych przepisów w tym zakresie. W skład zespołu wchodzi wybitni przedstawiciele świata nauki, przemysłu oraz władz górniczych.

Zespół, kontynuując swą działalność, w znacznym stopniu przyczynił się do usunięcia i zapobiegania zagrożeniom i trudnościom oraz do ustalenia zasad techniczno-organizacyjnych i formalnoprawnych prowadzenia ruchu zakładu górniczego, eksploatującego siarkę otworami wiertniczymi metodą podziemnego wytapiania.

W rozeznaniu całokształtu zagadnień eksploatacji siarki otworami wiertniczymi metodą podziemnego wytapiania, należy stwierdzić, że problem bezpieczeństwa przy tej metodzie sprowadza się w zasadzie do zagrożeń wynikających z samowypływów i erupcji wody gorącej o temperaturze około $100^{\circ}C$ z równoczesnym wydzielaniem się dużej ilości pary, ze szkodliwego oddziaływania siarki i siarkowodoru na zdrowie załogi oraz z dużego

zapylenia pyłem siarkowym przy załadunku siarki na składowiskach oraz załadunku jej na wagony, jak również dużego zadyminienia.

Przy uwzględnieniu powyższego stwierdzenia, jak również na podstawie dotychczasowych doświadczeń i obserwacji tej metody eksploatacji, celowe wydaje się wysunięcie następujących wniosków, zmierzających do poprawy stanu bezpieczeństwa w otworowych kopalniach siarki:

1. Osiągnąć dostateczny front przygotowawczy robót przez znaczne wyprzedzenie wierceniami eksploatacji, a to w celu uniknięcia wierceń w strefach zagrożonych wyrzutami wód gorących oraz uzyskania rdzeni wiertniczych o nienaruszonej strukturze.

2. Usprawnić działalność na odcinku obserwacji i pomiarów, w kierunku zmniejszenia ich ilości, a zwiększenia wykorzystania danych dla potrzeb kierowania procesem eksploatacji, a także dla dalszego rozpoznawania procesów i zjawisk zachodzących w toku rozwijającej się eksploatacji.

3. W celu ustalenia optymalnych odległości pomiędzy otworami eksploatacyjnymi w poszczególnych rejonach górniczych, jak również w celu okonturowania eksploatacyjnego złoża, należy przyspieszyć wprowadzenie eksploatacji przy zastosowaniu małej przewoźnej kopalni składającej się z pojedynczych przewoźnych podzespołów.

4. Dążyć do zwiększenia ilości siarki płynnej, przewożonej do odbiorców, a to w celu uniknięcia szkodliwego działania pyłów siarki na zdrowie załogi przy pracach za- i wyładunkowych na składowiskach zastalcej siarki.

5. Rozważyć wszechstronnie problem ewentualnej likwidacji pustek poeksploatacyjnych oraz rozpracować metody izolowania poszczególnych wyeksploatowanych pól górniczych, a to w celu ograniczenia zbyt dużych ucieczek wód eksploatacyjno-złożowych.