

Marek ROGOŹ

Ewa POSYŁEK

Główny Instytut Górnictwa

#### ORGANICZANIE ILOŚCI WÓD ODPROWADZANYCH Z KOPALŃ METODĄ RECYKULACJI

Streszczenie. Przedstawiono nową koncepcję ograniczenia ilości wód odprowadzanych z kopalń do odbiorników powierzchniowych<sup>x)</sup>. Omówiono założenia proponowanej koncepcji polegającej na częściowej recykulacji wód słonych w obiegu zamkniętym. Wytypowano rejony wstępnych badań polowych w pojedynczych otworach badawczo-tłocznych oraz w barierze otworów w południowej części GZW, gdzie utwory karbońskie charakteryzują się dużą wodoprzepuszczalnością, a w ich nadkładzie zalega wystarczająco gruba seria utworów nieprzepuszczalnych.

#### WPROWADZENIE

Odprowadzanie z kopalń dużych ilości wód, w większości silnie zmineralizowanych, powoduje poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego. Z jednej strony wokół kopalni powstaje rozległy lej depresji, w granicach którego następuje zanik wody w studniach gospodarskich i innych ujęciach wód podziemnych, z drugiej strony wody kopalniane odprowadzane do rzek powodują zanieczyszczenie wód rzecznych, niszcząc naturalne środowisko wodne. Dla przeciwdziałania negatywnym skutkom odprowadzania dużych ilości wód z kopalń stosuje się kosztowne przedsięwzięcia, jak budowa wodociągów na dużych obszarach objętych zasięgiem leja depresji, ochrona hydrotechniczna rzek, przed zasoleniem wodami kopalnianymi, utylizacja solanek pompowanych z kopalń itp. Wymienione metody są bardzo kosztowne a przy tym nie zawsze skuteczne. Metoda hydrotechniczna nie zapobiega zasoleniu wód rzecznych, a metoda utylizacji jest zbyt kosztowna i energochłonna, by mogła znaleźć zastosowanie na szerszą skalę.

Przykładem przeciwdziałania zanieczyszczeniu wód rzecznych są stosowane w Polsce sposoby ochrony rzek przed skażeniem słonymi wodami pompowa-

<sup>x)</sup> Omawiana metoda została zgłoszona w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach jako projekt wynalazczy [1].

nyymi z kopalń węgla kamiennego na obszarach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Stosowane są tu dwie metody a mianowicie:

1) metoda hydrotechniczna polegająca na magazynowaniu słonych wód kopalnianych w zbiornikach retencyjnych o pojemnościach wielu milionów metrów sześciennych a następnie ich kontrolowanym odprowadzaniu do rzek podczas wysokich stanów wody, tak by nie przekroczyć dopuszczalnej zawartości soli w wodach rzecznych;

2) metoda utylizacji słonych wód kopalnianych polegająca na selektywnej krystalizacji chlorku sodu i siarczanu wapnia w warunkach wielostopniowych z adiabaticznym rozprężaniem solanki oraz odzysku soli jodu, bromu, potasu i magnezu poprzez utylizację ługów pokryształizacyjnych.

Metoda ochrony hydrotechnicznej rzek jest bardzo kosztowna i nieskuteczna. W praktyce wody Wisły i Odry oraz ich dopływów zawierają stężenia soli znacznie przekraczające stężenia dopuszczalne, wskutek czego środowisko wodne ulega degradacji, a kopalnie muszą płacić wysokie kary za zanieczyszczanie środowiska.

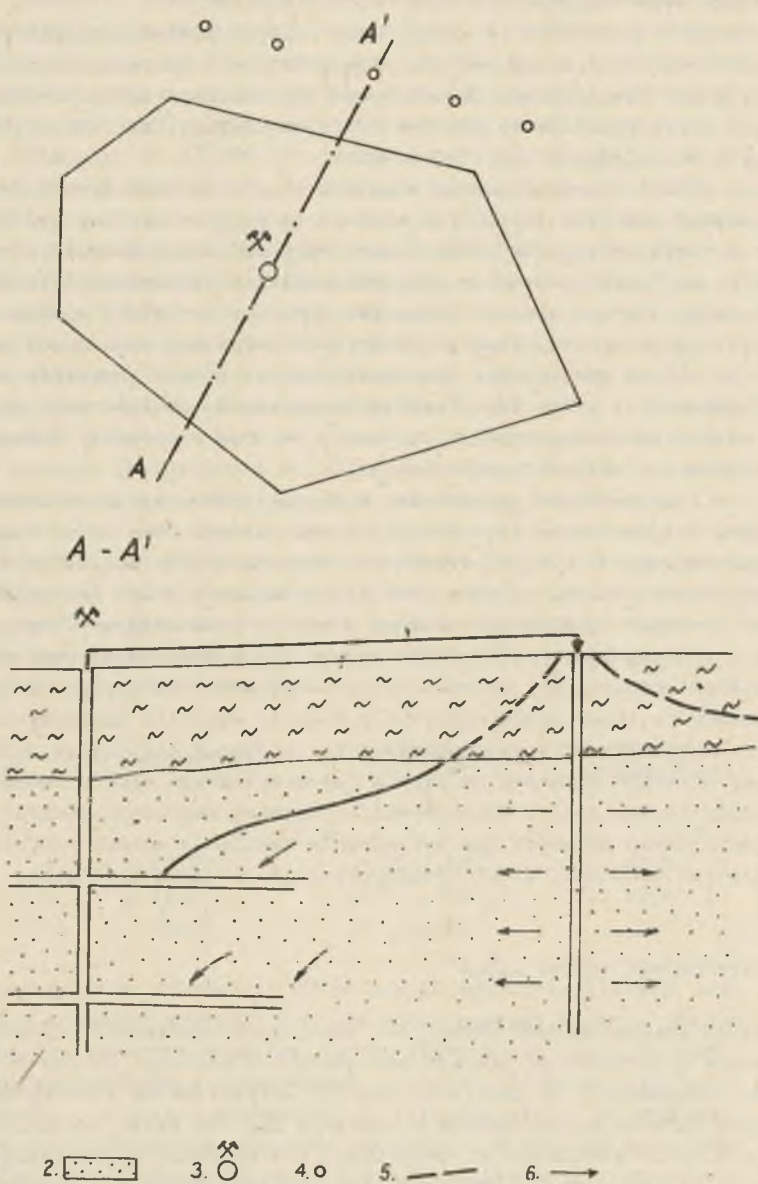
Metoda utylizacji słonych wód kopalnianych jest wysoce energochłonna, a jej zastosowanie wymaga budowy skomplikowanych i kosztownych zakładów utylizacji. W efekcie metoda ta stosowana jest w Polsce aktualnie w skali jednej kopalni. Zastosowanie jej do utylizacji wszystkich słonych wód kopalnianych wymagałoby budowy na terenie GZW dodatkowej ciepłowni atomowej lub na paliwo bezdymne.

W świecie znana jest również metoda odprowadzania ścieków przez ich wtłaczanie otworami wiertniczymi do głęboko zalegających skał porowatych nie mających kontaktu hydraulicznego z czynnymi wyrobiskami górniczymi. Metoda ta nie może być stosowana w Polsce do odprowadzania słonych wód z kopalń węgla kamiennego, ponieważ chłonność głęboko zalegających skał porowatych na terenie GZW jest bardzo mała, w porównaniu z ilością słonych wód pompowanych w sposób ciągły z tych kopalń.

#### ZAŁOŻENIA METODY RECYRKULACJI

Metoda ta polega na odwierceniu bariery otworów tłocznych do drenowanych przez kopalnie wodonośnych utworów karbońskich poza granicami obszaru górniczego i wtłaczaniu do tych otworów pod odpowiednim ciśnieniem słonych wód pompowanych z kopalni (rys. 1).

Zakłada się, że wtłaczanie wody do otworów spowoduje pewien wzrost dopływów do kopalni, wskutek hydraulicznego współdziałania otworów tłocznych i wyrobisk górniczych. Wzrost ten będzie tym mniejszy, im bardziej otwory tłoczne będą oddalone od drenujących wyrobisk górniczych. Część wtłoczonej wody będzie natomiast filtrowała w kierunku przeciwnym niż wyrobiska górnicze, wytwarzając w drenowanym kompleksie barierę hydrauliczną ograniczającą zasięg leja depresji. W ten sposób wody pompowa-



Rys. 1. Schemat metody recyrkulacji

1 - il, 2 - piaskowiec, 3 - szyb, 4 - otwór tłoczny, 5 - powierzchnia piezometryczna, 6 - kierunek filtracji wody

Fig. 1. Scheme of recirculation's method

1 - clay, 2 - sandstone, 3 - dewatering shaft, 4 - injection bore-hole, 5 - piezometric surface, 6 - direction of water flow



ne z kopalni znajdują się w obiegu zamkniętym, dzięki czemu nie będzie zacho-  
dziła potrzeba odprowadzania ich na zewnątrz.

W efekcie zastosowania metody recyrkulacji powinno pozwolić bardzo  
poważnie ograniczyć lub całkowicie wyeliminować konieczność zrzucania  
słonnych wód do cieków powierzchniowych bez konieczności stosowania nie-  
zwykle kosztownych metod ochrony hydrotechnicznej rzek lub utylizacji so-  
laneń w instalacjach typu "Dębieńsko".

Dla uzyskania odpowiedniej chłonności otworów tłocznych zalecane jest  
stosowanie możliwie dużych ich średnic. Otwory te powinny być lokalizo-  
wane w miejscach, gdzie karbońskie utwory wodonośne przykryte są odpo-  
wiednio grubą serią utworów nieprzepuszczalnych. W przeciwnym przypadku  
wtłaczanie słonych wód pod znacznym ciśnieniem, mogłoby spowodować nie-  
korzystne zaburzenie stosunków wodnych w przypowierzchniowych partiach  
górotworu i na powierzchni, jak podtopienie terenu, zasolenie studni  
gospodarskich i gleby itp. Przed wtłaczaniem do otworów wody słone muszą  
być całkowicie oczyszczone z zawiesiny, by nie powodowały kolmatacji  
górotworu w strefie przyotworowej.

W celu sprawdzenia poprawności przyjętej koncepcji przeprowadzono  
wstępne obliczenia modelu hydraulicznego metody. Jako model numeryczny  
układu kopalnia - bariera studni tłocznych przyjęto zespół współdziała-  
jących studni, wśród których jest jedna "duża studnia" zastępująca wyro-  
biska górnicze kopalni oraz szereg dowolnie rozmieszczonych studni tłocz-  
nych o zadanej średnicy, zafiltrowanych lub bosych na odcinku całego  
kompleksu wodonośnego. Układ pracuje w reżimie ustalonym, w kompleksie  
wodonośnym o zwierciadle napiętym a średnie wartości współczynnika filtra-  
cji i miąższości warstwy wodonośnej są jednakowe dla całego obszaru.  
Wyniki obliczeń uzyskane za pomocą tak pomyślanego modelu teoretycznego,  
wskazują na realność i prawidłowość przyjętej koncepcji. Uzasadniają one  
podjęcie badań polowych dla sprawdzenia działania metody recyrkulacji  
w realnych warunkach kopalń pompujących słone wody karbońskie.

#### WYTYPOWANIE REJONU BADAŃ

Celem projektowanych badań jest określenie możliwości wtłaczania pom-  
powanych z wyrobisk górniczych wód słonych z powrotem do odwadnianego po-  
ziomu wodonośnego. Na podstawie analizy wykształcenia litologicznego  
otworów karbonu produktywnego w obszarze GZW pod kątem lokalizacji otwo-  
rów chłonnych wierconych z powierzchni stwierdzono, że najlepszymi para-  
metrami filtracyjnymi i kolektorskimi charakteryzuje się krakowska seria  
piaskowcowa, obejmująca warstwy libiąskie i łaziskie. Skały budujące tę  
serię wykształcone są jako gruboławicowe piaskowce o miąższości ławic do-  
chożącej do 100 m. Są to piaskowce średnio i gruboziarniste, miejscami  
zlepieńcowate a nawet przechodzące w warstwy zlepieńców i zwirowców.

Serie piaskowcowe przewarstwione są cienkimi wkładkami mułowców i ilowców towarzyszących zazwyczaj pokładom węgla. Krakowska seria piaskowcowa obejmuje swoim zasięgiem przeważającą część niecki głównej rozprzestrzeniając się od Łazisk na zachodzie po rów krzeszowicki na wschodzie i od Jaworzna na północy po Czechowice i Brzeszcze na południu. Grubość tej serii jest znaczna i zróżnicowana, generalnie rośnie od wschodni w kierunku osi niecki głównej osiągając około 800 m w centralnej części niecki, w rejonie na zachód od kopalń "Piast" i "Czeczott". We wschodniej części GZW grubość krakowskiej serii piaskowcowej przekracza 1000 m. Zmiany miąższości tej serii odzwierciedlają występującą w karbonie redukcję miąższości warstw od wschodu ku zachodowi, a jednocześnie są związane z lokalnymi warunkami tektoniczno-erozyjnymi. Niecka główna zabudowana w przeważającej części z warstw libiąskich i łaziskich pocięta jest gęstą siecią dyslokacji tektonicznych. Główne linie tektoniczne podkreślone nieraz wiązkami uskoków równoległych, charakteryzują się przebiegiem zbliżonym do równoleżnikowego, zrzucając warstwy z reguły w kierunku południowym. Amplitudy tych uskoków są znaczne i dochodzą do kilkuset metrów, powodując znaczne obniżenie warstw zalegających w południowej części niecki. Drugi system dyslokacji jest zbliżony do południkowego, uskoki mają mniejsze amplitudy i zrzucają warstwy zarówno ku zachodowi, jak i ku wschodowi.

Warstwy krakowskiej serii piaskowcowej charakteryzują się znacznym zawodnieniem i stanowią podstawowy karboński kompleks wodonośny. Własności hydrogeologiczne tych warstw zmieniają się w zależności od głębokości ich zalegania w sposób następujący [2]:

| Strefy głębokościowe<br>m | Porowatość<br>n<br>% | Współczynnik<br>filtracji<br>K<br>m/s | Współczynnik<br>odsączalności<br>$\lambda$ |
|---------------------------|----------------------|---------------------------------------|--|
| 50-250                    | 21,75                | $1,05 \cdot 10^{-5}$                  | 17,0                                       |
| 250-500                   | 18,75                | $6,5 \cdot 10^{-7}$                   | 10,5                                       |
| 500-1000                  | 13,50                | $2,15 \cdot 10^{-7}$                  | 7,5  |

Zasilanie tego poziomu odbywa się drogą bezpośredniej infiltracji wód atmosferycznych w obszarze wschodni lub pośrednio poprzez czwartorzędowy poziom wodonośny. Na znacznym obszarze niecki głównej pod czwartorzędem zalegają utwory trzeciorzędowe wykształcone w postaci ilastego kompleksu osadów miocenkich. Osady te o miąższości od kilkudziesięciu do kilkuset metrów stanowią serię izolującą karboński wodonośny. W zasięgu występowania osadów miocenu wody karbońskie są silnie zmineralizowane, ich mineralizacja przekracza  $50 \text{ g/dm}^3$ .

Rejon badań poza odpowiednim wykształceniem litologicznym warstw karbońskich powinien również charakteryzować się zaleganiem w nałóżdźcie karbonu ilastej serii miocenu. Grubość tej serii powinna w sposób dostateczny chronić płytkie poziomy wodonośne przed zasoleniem wodami wtłaczają-

nymi w warstwy karbońskie, a jednocześnie nie może powodować konieczności wiercenia bardzo głębokich otworów chłonnych.

W wyniku szczegółowej analizy warunków załęgania i wykształcenia warstw krakowskiej serii piaskowcowej oraz aktualnej i projektowanej eksploatacji pokładów węgla uznano, że najdogodniejsze warunki dla prowadzenia badań nad możliwością zastosowania recyrkulacji wód słonych istnieją w rejonie kopalń "Piast", "Czeczott" i "Brzeszcze".

Przewiduje się wykonanie dwóch otworów badawczo-tłocznych w rejonie na południe od obszaru górniczego kopalni "Brzeszcze" oraz bariery otworów na zachód od obszarów górniczych kopalń "Piast" i "Czeczott". Wątpliwe badania polowe będą miały za zadanie praktyczne wypróbowanie chłonności otworów tłocznych, wykonanych w piaskowcach warstw łaziskich, przy różnych ciśnieniach wtłaczania wody. Zostaną również zweryfikowane metody obliczania chłonności otworów tłocznych oraz sprawdzona zostanie szybkość kolmatacji piaskowców wokół otworów.

#### PODSUMOWANIE

Słone wody pompowane z kopalń na obszarze GZW i zrzucone do rzek powodują zasolenie wód rzecznych, co prowadzi do degradacji naturalnego środowiska wodnego i niszczenia zasobów wód powierzchniowych. Stosowane dotychczas metody ochrony wód rzecznych przed zasoleniem są niewystarczające. Metoda ochrony hydrotechnicznej jest kosztowna inwestycyjnie i eksploatacyjnie oraz mało skuteczna.

Metoda utylizacji nie wszędzie może być stosowana, bowiem wymaga wody o stężeniu jonów  $\text{Cl}^-$  przekraczającym  $42 \text{ g/dm}^3$ . Metoda ta jest przy tym bardzo kosztowna inwestycyjnie i wysoce energochłonna, co również ogranicza możliwości jej szerszego zastosowania.

Proponowana metoda recyrkulacji słonych wód kopalnianych polega na wtłaczaniu wód pompowanych z kopalni z powrotem do odwadnianego kompleksu wodonośnego, poprzez odpowiednio rozmieszczone otwory wiertnicze. Wtłaczana woda podlega częściowo recyrkulacji w obiegu zamkniętym, to znaczy jej część dopływa ponownie do wyrobisk górniczych, natomiast pozostała część migruje w przeciwnym kierunku, wytwarzając w utworach wodonośnych barierę hydrauliczną ograniczającą dopływ słonych wód z dalszych partii górotworu. Poprawność schematu hydraulicznego metody sprawdzono za pomocą teoretycznych obliczeń numerycznych.

Metoda recyrkulacji może być stosowana w rejonach, gdzie utwory karbońskie charakteryzują się dużą wodoprzepuszczalnością a w ich nadkładzie zalega wystarczająco gruba seria utworów nieprzepuszczalnych. Na podstawie analizy warunków geologicznych, hydrogeologicznych i górniczych GZW, do badań polowych wytypowano rejon kopalń "Piast", "Czeczott" i "Brzeszcze" charakteryzujący się występowaniem grubej serii piaskowców warstw łazie-



kich przykrytej nieprzepuszczalnymi utworami trzeciorzędowymi o miąższości przekraczającej 100 m.

Wstępne badania polowe nad metodą recyrkulacji słonych wód kopalnianych proponuje się przeprowadzić w dwóch ośrodkach badawczo-tłocznych zlokalizowanych na południe od obszaru górniczego kopalni "Brzeszcze" oraz w barierce otworów tłocznych zlokalizowanej w rejonie na zachód od obszarów górniczych kopalni "Piast" i "Czeczott".

Orientacyjne koszty realizacji wstępnych badań polowych pozwalają wnioskować, że będą one znacznie niższe od zastosowania utylizacji wód słonych. W przypadku pozytywnego wyniku proponowanych badań metoda recyrkulacji może się zatem okazać najbardziej skutecznym i uzasadnionym gospodarczo sposobem rozwiązania problemu słonych wód kopalnianych na obszarach GZW. Jej zastosowanie może między innymi umożliwić zagospodarowanie górnicze złóż węgla w rejonie nadwiślańskim.

#### LITERATURA

- [1] Klonowski Z. i zespół: Sposób ograniczania ilości wód odprowadzanych z kopalni. Projekt wynalazczy zgłoszony w GIG, nr ewid. 46/87, dnia 1987.12.07.
- [2] Rogoż M. i zespół: Program badań nad możliwością ograniczenia zrzutu słonych wód kopalnianych. Dokumentacja GIG, symbol 700047271, Katowice 1988.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Józef Sztelek

Wpłynęło do redakcji w kwietniu 1988 r.

#### СОКРАЩЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВОД ОТВОДИМЫХ ИЗ ШАХТ МЕТОДОМ РЕЦИРКУЛЯЦИИ

#### Резюме

В разработке представлена новая концепция сокращения количества вод, отводимых из шахт в реки<sup>X</sup>. Авторами обсуждаются принципы предлагаемой концепции, которая состоит в частичной рециркуляции соленых вод в замкнутом цикле. Указаны тоже районы вступительных полевых исследований в отдельных исследовательско-нагнетательных скважинах и тоже в барьере скважин в южной части Верхнесилезского угольного бассейна, где карбонские образования отличаются большой водопроницаемостью, а в их кровле залегает достаточно мощная серия непроницаемых образований.

<sup>X</sup> Обсуждаемый метод был предложен в Главном институте горного дела в Katowicach как изобретательский проект [1].

RECIRCULATION AS THE METHOD OF REDUCTION WATER QUANTITY  
DISPOSED FROM MINE

S u m m a r y

The paper describes the new idea of reduction of mine water quantity pumped off into surface watercourses<sup>x)</sup>. The brief designs of this conception which consist in partly recirculation salt water in semi-closed cycle are presented. As the proving ground of initial field investigations are appointed the areas in southern part of Upper Silesian Coal Basin where the Cracow Sandstone series have a good permeability and are overlain by sufficiently thick impermeable Tertiary sediments. The salt water will be forced into the Cracow - Sandstone series through single and the barrier boreholes.

<sup>x)</sup> This method is registered as the invention project in Central Mining Institute in Katowice [1].