

*Adam Smoliński*

## GOSPODARKA ZASOLONIMI WODAMI KOPALNIA NYMI

### Streszczenie

Eksploracja pokładów węgla kamiennego wiąże się z wytłaczaniem na powierzchnię wód kopalnianych, których ilość i skład są uzależnione od specyfiki danego basenu węglowego. Rodzaj podłoża oraz głębokość eksploatacji wpływają na stopień mineralizacji tych wód i zawartość pierwiastków promieniotwórczych uranu i radu. Głównymi zlewiskami wód kopalnianych w Polsce są rzeki Wisła i Odra. Zasolone wody kopalniane stanowią zagrożenie dla środowiska naturalnego i życia człowieka oraz wpływają ujemnie na wyniki jego działalności gospodarczej. W związku z powyższym, priorytetem polskiej polityki ekologicznej jest rozwiązanie problemu zanieczyszczenia wód, zwłaszcza problemu wód kopalnianych, co jest zgodne z kierunkiem polityki ekologicznej Unii Europejskiej. Podstawą prawną działań Unii Europejskiej w dziedzinie polityki wodnej jest Dyrektywa 2000/60/EC, określająca zakres ochrony wód gruntowych, śródlądowych i przybrzeżnych. Aktywność Unii Europejskiej w zakresie ochrony wód koncentruje się na ochronie i redukcji zanieczyszczeń, promowaniu zrównoważonego gospodarowania zasobami wodnymi, ochronie środowisk wodnych i poprawie stanu ekosystemów wodnych. W celu minimalizacji negatywnego wpływu wód kopalnianych na środowisko i gospodarkę są zarówno stosowane działania techniczno-organizacyjne, ograniczające wielkość zrzutu wód zasolonych po ich wypompowaniu na powierzchnię, jak i rozwiązania technologiczne oczyszczania tych wód. Nadal jednak są prowadzone prace nad nowymi, bardziej efektywnymi metodami rozwiązywania problemu wód zasolonych.

### The economy of saline mine waters

### Abstract

Hard coal mining is inseparably combined with the production of mine water. Being the second biggest European producer of hard coal, Poland is constantly faced with the challenge of mine water disposal and treatment. The amount and chemical composition of coal mine waters largely depend on the local coal basin conditions. The types of foundation and extraction depths have a considerable impact on the level of water's mineralization and radioactive contamination caused by such elements as uranium and radium. Saline waters are considered to have a devastating effect on human health and the environment, and are to the detriment of the economy. The main receiving bodies of mine waters in Poland are the Vistula and Odra rivers, so one of Polish environmental policy priorities is mitigation of water pollution, including mine water management. This, in turn, complies with The European Union's Environmental Research Policy, in particular with The Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the European Council, which constitutes the legal framework for the Community actions in the field of water treatment policy. This document emphasizes the need for protection of ground waters, surface and coastal waters by the prevention and reduction of water pollution, the promotion of sustainable water use, the protection of an aquatic environment and the improvement of an aquatic ecosystems status. In Poland, in order to mitigate the harmful impact of mine waters on the natural environment and economy, various organizational and technical methods reducing the amount of mine water discharged to the natural surface water reservoirs, as well as mature treatment technologies have been applied. There are also continuous R&D activities carried out which aim at the development of new, more effective solutions as far as mine water treatment is concerned.

## WPROWADZENIE

Rozwój cywilizacyjny wpłynął na drastyczny wzrost ilości odpadów i zanieczyszczeń środowiska naturalnego. Trzy podstawowe elementy środowiska naturalnego takie, jak woda, powietrze i gleba są ściśle ze sobą powiązane i zaburzenie równowagi w jednym z nich pociąga lawinowo jej zachwianie w pozostałych dwóch (Dojlido 1987). Woda jest podstawowym czynnikiem niezbędnym do istnienia życia biologicznego na naszej planecie. Początkowo sądzono, że jej zasoby są niewyczerpalne. Jednak w miarę postępu cywilizacyjnego, coraz większym problemem stają się wody zużywane do celów komunalnych i przemysłowych. Przez wiele lat ścieki w większości były odprowadzane bezpośrednio do zbiorników wód powierzchniowych, w przekonaniu, że przyroda sama, w procesie samooczyszczania, poradzi sobie z tymi niepożądanymi produktami ubocznymi działalności człowieka. Szybko jednak okazało się, że ilości produkowanych ścieków znacznie przekraczają zdolności przyrody do samoregeneracji, a zbiorniki wód powierzchniowych stają się coraz bardziej zanieczyszczone. Z ogromną ilością ścieków, powstających w wyniku działalności człowieka wiąże się więc również problem zmniejszania zapasów wody na kuli ziemskiej. Stwarza to pilną potrzebę ochrony źródeł wody przed zanieczyszczeniami oraz podjęcia efektywnych działań w celu utylizacji substancji szkodliwych, zawartych w ściekach.

## 1. WODY KOPALNIANE – CHARAKTERYSTYKA

### Źródła wód kopalnianych

Procesom eksploatacji pokładów węgla kamiennego towarzyszy wytłaczanie na powierzchnię olbrzymich ilości wód kopalnianych, w efekcie występowania zjawisk przyrodniczych, takich jak pozioma i pionowa strefowość hydrogeochemiczna w obrębie danego basenu węglowego. Wody powierzchniowe Polski przyjmują około 3,5 mln m<sup>3</sup>/d zrzutowych wód kopalnianych (Gospodarka wodami... 1997). Problem zanieczyszczenia wód powierzchniowych zasolonymi wodami kopalnianymi jest więc problemem poważnym. Gospodarka zasolonymi wodami kopalnianymi jest bardzo zróżnicowana, w zależności od wielkości, lokalizacji oraz stanu technicznego kopalni. Decyduje to o ilości i jakości wód kopalnianych, jakie są odprowadzane z wyrobisk górniczych do odbiorników powierzchniowych oraz o ilości i jakości ścieków technologiczno-bytowych. Zasolenie wód dołowych jest uzależnione również od głębokości prowadzonej eksploatacji. Wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji obserwuje się wzrost mineralizacji wód oraz zmniejszenie ilości wód kopalnianych (Lebecka 1996).

Wytłaczane na powierzchnię wody kopalniane stanowią mieszaninę wód z podszadki płynnej, wód z rurociągów przeciwpożarowych, z przodków i dopływów naturalnych. Wielkość dopływów naturalnych wód do wyrobisk kopalnianych maleje wraz z głębokością eksploatacji, jednak towarzyszy temu znaczny wzrost ich mineralizacji.

W Polsce głównymi zlewiskami wód dołowych są rzeki Wisła i Odra. Raport Departamentu Ochrony Środowiska i Budownictwa Najwyższej Izby Kontroli z października 1999 roku (Nr ewid. 209/1999/P1998/088/DOC) wykazał, że w latach 1995–1998 obciążenie wód górnej zlewni Wisły i Odry ładunkiem soli ( $\text{Cl}^-$  i  $\text{SO}_4^{2-}$ ), zrzuconych z wodami dołowymi, wynosił 7000 t/d. W przeliczeniu na zrzut roczny stanowiło to około 2555 tys. ton, czyli 27% całkowitego ładunku soli odprowadzane go do Morza Bałtyckiego za pośrednictwem tych rzek.

### Rodzaje słonych wód kopalnianych

W związku z problemem, jaki stwarzają zasolone wody kopalniane, konieczne było rozpoczęcie badań od określenia pochodzenia i wieku tych wód oraz pochodzenia zawartych w nich związków chemicznych (Pałys 1966; Pluta, Wątor, Zuber 1996; Zuber, Pluta 1989; Kharaka, Carothers 1986). Do określenia genezy wód zasolonych wykorzystuje się metody izotopowe takie, jak metoda trytowa, metoda izotopów trwałych, pomiar stężenia radiowęglu  $^{14}\text{C}$ , który jest zawarty w rozpuszczonych węglanach (głównie w  $\text{HCO}_3$ ). Metody te zapewniają dużą dokładność oznaczeń. Wyjątek stanowią wody znajdujące się w pogrzebanych basenach sedymentacyjnych, gdyż przez lata podlegały one oddziaływaniu wysokiej temperatury oraz wymianie izotopowej tlenu i wodoru z wodą związaną w minerałach ilastych kopalnianych (Kharaka, Carothers 1986), wskutek czego oznaczanie ich pochodzenia wymienionymi metodami może prowadzić do fałszywych wniosków. Przykładowo, zastosowanie metod izotopowych do prześledzenia genezy wód zasolonych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym pozwoliło na wyróżnienie następujących ich typów:

- solanek sedymentacyjnych miocenu,
- solanek paleoinfiltracyjnych występujących w głębszych partiach karbonu i starszych utworach całego obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego,
- solanek, które powstały w trzeciorzędzie po ostatniej transgresji morskiej w wyniku infiltracji wód opadowych,
- wód holocenijskich, interglacialnych i glacialnych (powstałych w czwartorzędzie),
- solanek siarczanowych powstałych w wyniku infiltracji przedtorońskiej,
- solanek powstałych w wyniku infiltracji przedtorońskiej, niezawierających siarczanów,
- wód, które zostały zidentyfikowane jako mieszanina wyżej wymienionych rodzajów wód.

### Radoczynność wód kopalnianych

Określenie typów wód kopalnianych pozwala również na przewidzenie występowania w tych wodach pierwiastków promieniotwórczych uranu i radu. Obserwuje się prawidłowość występowania dużych ilości radu i baru, i znikomych ilości uranu w wodach ubogich w siarczany oraz dużych ilości radu w wodach zawierających duże stężenia siarczanów. W solankach paleoinfiltracyjnych (będących jednymi z najstarszych solanek) nie stwierdza się obecności uranu, przy stosunkowo dużych stężeniach radu, podczas gdy w wodach czwartorzędowych, przy umiarkowanym stężeniu uranu,

ilości radu są praktycznie zerowe. Występowanie naturalnych izotopów promieniotwórczych w wodach dołowych stanowi problem, którego nie sposób pominąć omawiając gospodarkę zasolonymi wodami kopalnianymi (Lebecka 1996; Chałupnik, Molenda 2002). Dotyczy to głównie podwyższonego stężenia izotopów  $\text{Ra}^{226}$  z rodziny uranowej (często dwa razy większe od przeciętnie występującego w przyrodzie), jak i izotopów  $\text{Ra}^{228}$  i  $\text{Ra}^{224}$  z rodziny torowej. Zdarza się, że w wodach kopalnianych, zawierających izotopy radu występuje również bar w stężeniach dochodzących nawet do  $1,5 \text{ kg/m}^3$ . Takie wody nazywa się wodami radowymi typu A. Wody zawierające rad i duże ilości jonów  $\text{SO}_4^{2-}$ , a niezawierające jonów baru, są nazywane wodami radowymi typu B. Bar zawarty w wodach typu A wpływa na zachowanie się radu, tj. ulega on wytrącaniu wraz z barem w postaci siarczanów po zmieszaniu tej wody z wodami siarczanowymi. Strącony osad zawiera do  $400 \text{ kBq/kg}$  radu (dla porównania zawartość radu w glebie wynosi  $25 \text{ Bq/kg}$ ). Osady te stanowią poważny problem – powstają nie tylko pod ziemią, ale również mogą wytrącać się na powierzchni, w osadnikach czy rurociągach. Transport rurociągami wody zawierającej duże stężenia tych składników powoduje skażenie promieniotwórcze środowiska naturalnego i jest niebezpieczne dla zdrowia i życia mieszkańców skażonych terenów. Strącanie się tych osadów pod ziemią również powoduje skażenie środowiska. Istnieje więc konieczność opracowania odpowiednich metod chroniących środowisko naturalne przed szkodliwym działaniem pierwiastków promieniotwórczych zawartych w wodach kopalnianych.

Polskie kopalnie charakteryzują się dopływem silnie zmineralizowanych wód o zawartości soli przewyższającej  $200 \text{ kg/m}^3$  i dużych stężeniach izotopów radu sięgających nawet  $400 \text{ kBq/m}^3$ . Codziennie do wyrobisk kopalnianych dopływa  $725 \text{ MBq}$  izotopu radu  $\text{Ra}^{226}$  oraz  $700 \text{ MBq}$  radu  $\text{Ra}^{228}$ , z czego zaledwie około 40% radu, obecnego w wodach, pozostaje w wyrobiskach kopalnianych, a około 60% trafia na powierzchnię, powodując skażenie powierzchniowych cieków wodnych. Dokładne badania zawartości radu w wodach dołowych mogą potwierdzić zależność między wielkością zasolenia a stężeniem radu – zjawisko to nazywa się anomalią radiohydrogeologiczną.

### **Oddziaływanie wód słonych na środowisko i człowieka**

Wśród negatywnych wpływów wód słonych na środowisko wymienić należy przede wszystkim niszczenie mikroorganizmów powodujących samooczyszczanie się wód, a co za tym idzie wzrost zanieczyszczenia wód masą organiczną, zmiany we florze i faunie ekosystemów wodnych, łącznie z wyginięciem gatunków, a w skrajnych przypadkach całkowity zanik życia biologicznego w środowiskach wodnych.

Przekroczenie dopuszczalnych stężeń siarczanów w wodzie ma bardzo negatywny wpływ na zdrowie człowieka. Występowanie w wodzie pitnej stężeń siarczanów rzędu  $1000 \text{ mg/dm}^3$  (głównie siarczanów magnezu i sodu) powoduje zmianę smaku wody (na gorzki) i niekorzystne oddziaływanie na przewód pokarmowy człowieka.

Rozpatrując aspekty ekonomiczne nie sposób nie zauważyć strat, jakie ponosi gospodarka na skutek nadmiernego zasolenia rzek, mimo że w Polsce brak jest

szczegółowych danych na ten temat. Szacuje się jednak, że nadmierne zasolenie samej tylko Wisły powoduje straty od 100–250 mln dolarów rocznie (Chaber, Krogulski 1997; Program zagospodarowania... 1992). Przypuszcza się, że w przypadku Odry kwoty te będą bardzo zbliżone. Dla porównania, dokładne badania przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych dla rzeki Kolorado, której zasolenie wynosi  $0,5 \text{ g/dm}^3$ , wykazały, że straty w działalności gospodarczej sięgają rocznie 310 mln dolarów. Tak duże straty ekonomiczne, jak i często nieodwracalna degradacja środowiska, zmuszają do podjęcia walki ze wzrastającym każdego dnia zasoleniem rzek.

## **2. NORMY PRAWNE REGULUJĄCE GOSPODARKE ZASOLONIMI WODAMI KOPALNIANYMI W EUROPIE I POLSCE**

W 1992 roku został wydany, przez XI Dyrektoriat Generalny Komisji Europejskiej, zbiór przepisów prawa „European Community Environment Legislation” dotyczący ochrony środowiska, obejmujący stan prawny na dzień 1 września 1991 roku (Prawo ochrony środowiska... 1996). Głównym priorytetem polityki ekologicznej Unii Europejskiej jest kontrola poziomów zanieczyszczeń, zwłaszcza zanieczyszczeń wód o charakterze regionalnym i międzynarodowym oraz działania na rzecz poprawy jakości wód, a szczególnie międzynarodowych dróg wodnych (Prawo ochrony środowiska... 1996). Zadania badawcze zostały sformułowane w ramach VI Programu Ramowego Badań i Rozwoju Technicznego w Priorytecie 6 – Zrównoważony rozwój, zmiany globalne i ekosystemy, który wyraźnie wskazuje między innymi na konieczność właściwego zarządzania zasobami wodnymi.

Radykalna poprawa jakości wód, w krótkim okresie, nie jest możliwa, jednak konsekwentne działania zmierzające do ograniczenia emisji zanieczyszczeń odprowadzanych do wód (tj. restrykcyjne prawo, kary pieniężne, opłaty za gospodarcze wykorzystanie wód itp.) doprowadziły w ciągu ostatnich dwudziestu lat do znacznego postępu. Wszystko, co zostało zrobione w kwestii ochrony wód było możliwe dzięki ciągłemu gromadzeniu i uaktualnianiu stanu naszej wiedzy dotyczącej wód (monitoring zanieczyszczeń wód powierzchniowych, jak i podziemnych), znacznym nakładom finansowym oraz wprowadzeniu uregulowań prawnych – dyrektyw, zapewniających stosowanie, przez państwa członkowskie UE, zunifikowanych standardów jakości.

W wydanej 23 października 2000 roku Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady Europy (Nr 2000/60/WE) w sprawie ustanowienia zakresu działalności Wspólnoty w dziedzinie polityki wodnej, zostały przede wszystkim określone wspólne zasady koordynacji wysiłków podejmowanych przez państwa członkowskie UE w celu poprawy ochrony wód Wspólnoty w aspekcie ilościowym i jakościowym, promocji zrównoważonego użytkowania wód, ochrony ekosystemów wodnych oraz bezpośrednio od nich zależnych ekosystemów lądowych i terenów podmokłych.

Zgodnie z polityką ekologiczną Unii Europejskiej został przyjęty zrównoważony rozwój, pod którym to pojęciem rozumie się integrację celów ekologicznych z reformami makroekonomicznymi oraz rozwiązywanie problemów krytycznych, takich jak na przykład: zanieczyszczenie wód. U jej podstaw leży ustanowienie



wspólnych, dla wszystkich państw członkowskich UE, dopuszczalnych norm emisji oraz określenie standardów jakości wód. Problem przyjęcia systemu standardów emisji czy jakości, jako podstawy strategii kontroli zanieczyszczeń, podejmowany między innymi podczas debaty nad Dyrektywą 76/464/EWG, dotyczy możliwości odprowadzania zanieczyszczeń w ilościach zależnych od lokalnych warunków geograficznych, tzn. od zdolności środowiska do samooczyszczania się. Ostatecznie wypracowano kompromis polegający na ustanowieniu w prawie wspólnotowym obu podejść dotyczących kontroli jakości środowiska.

Zasady określone w wymienionej dyrektywie oraz w tzw. dyrektywach „córkach” do prawa polskiego są transponowane przede wszystkim przez ustawę Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 roku (Dz. U. Nr 239, poz. 2019) oraz wydane do niej akty wykonawcze, a także przez rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 20 lipca 2002 roku dotyczące sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych (Dz. U. Nr 129, poz. 1108), dla którego podstawą prawną jest Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 roku o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz. U. Nr 72, poz. 747).

Polityka ekologiczna Unii Europejskiej koncentruje się na problemie zanieczyszczenia wód w zakresie regionalnym i lokalnym, w szczególności w krajach Europy Wschodniej i Środkowej, gdzie zagrożenie i stopień degradacji środowiska są największe. Badania prowadzone przez Unię Europejską już w 1994 roku w krajach Europy Wschodniej wskazały, że blisko 37% ścieków odprowadzanych do kanalizacji miejskiej nie podlega żadnym procesom oczyszczania, a około 50% długości kontrolowanych odcinków rzek stanowią cieki nadmiernie zanieczyszczone. Biorąc pod uwagę kryteria biologiczne czystości wód okazało się, że aż 91% badanych odcinków rzek znajduje się poza trzecią klasą czystości. Wyniki te są zatrważające, zwłaszcza biorąc pod uwagę drastyczne pogorszenie jakości wód w stosunku do stanu z 1991 roku. W przypadku Polski raport ten wskazywał na poważne zanieczyszczenia wód Wisły i Odry, do których są odprowadzane wody kopalniane, powodujące ponadnormatywne zasolenie tych rzek.

Polską gospodarkę wodną regulują w szczególności następujące akty prawne:

- Ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 roku (Dz. U. Nr 62, poz. 627 z późniejszymi zmianami). Zgodnie z tą ustawą, ochrona wód polega na racjonalnym gospodarowaniu ich zasobami, prewencji i przeciwdziałaniu naruszeniom równowagi przyrodniczej i wywoływaniu w wodach zmian powodujących ich nieprzydatność dla ludzi, a także dla świata roślinnego i zwierzęcego. Akt ten stanowi ponadto o obowiązku opracowywania przez każdą jednostkę, która podejmuje działalność inwestycyjną lub eksploatacyjną, programu przedsięwzięć zapewniających równowagę przyrodniczą. Każda inwestycja, która może wpływać na stan jakościowy bądź ilościowy wód wymaga przygotowania specjalistycznych ekspertyz.
- Ustawa Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 roku (Dz. U. Nr 239, poz. 2019). Akt ten reguluje zarówno gospodarkę wodami powierzchniowymi, jak i wodami podziemnymi. W celu ochrony wód podziemnych i przeciwdziałaniu szkodliwym wpływom na obszarach zasilania wód podziemnych został między innymi ustanowiony zakaz wprowadzania do nich ścieków. Na podstawie tej ustawy jest

wprowadzane pozwolenie wodnoprawne oraz ustanawiana strefa ochronna ujęć wody. W pozwoleniu wodnoprawnym jest określany zakres korzystania z wód i urządzeń wodnych (do celów przemysłowych): pozwolenie na wprowadzanie ścieków do wód i do ziemi oraz pobór wód podziemnych, a także są ustalone warunki, na przykład odprowadzania ścieków indywidualnie dla każdego zakładu. Wydanie takich pozwoleń z reguły jest poprzedzone wykonaniem specjalistycznej ekspertyzy w celu zbadania stopnia ewentualnego zanieczyszczenia środowiska oraz wystąpienia zagrożeń dla zdrowia człowieka. Pod pojęciem strefy ochronnej ujęcia wody rozumie się obszar, który jest poddany nakazom, zakazom i ograniczeniom w zakresie użytkowania gruntów i korzystania z wody.

### 3. METODY ZAPOBIEGANIA ZANIECZYSZCZENIOM ŚRODOWISKA SŁONYMI WODAMI KOPALNIANYMI

#### Działania techniczno-organizacyjne realizowane przez kopalnie w celu rozwiązywania problemu wód słonych

Zagrożenia środowiska wynikające z faktu odprowadzania wód kopalnianych do wód powierzchniowych szybko stały się bardzo poważnym problemem we wszystkich krajach, w których jest rozwinięty przemysł górniczy. Podejmowane są różne próby ograniczania ilości wód słonych odprowadzanych z kopalń. Polegają one między innymi na likwidacji lub zmniejszeniu wypływu tych wód na powierzchnię, racjonalnym ich zagospodarowywaniu oraz ich utylizacji (tabl. 1). Bazując na tych założeniach opracowano trzy zasadnicze, doskonale uzupełniające się, grupy metody radzenia sobie z problemem wód słonych: (Chaber, Krogulski 1996, 1997, 1998; Pluta, Wątor, Zuber 1996; Turek 1999) metody górniczo-geologiczne ograniczania dopływu wód zasolonych do wyrobisk kopalnianych, metody ograniczania zrzutu wód zasolonych po ich wypompowaniu na powierzchnię oraz metody zagospodarowywania wód słonych.

Tablica 1. Potencjalne możliwości zagospodarowywania wód kopalnianych (Chaber, Krogulski 1998)

| Sposoby zagospodarowywania wód                         | Ilość wód         |      | Ładunek Cl <sup>-</sup> i SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> |      |
|--|-------------------|------|---|------|
|  | m <sup>3</sup> /d | %    | t/d   | %    |
| Cele bytowe i technologiczne                           | 559000            | 61,9 | 396   | 5,7  |
| Metody geologiczno-górnice. Zatlaczanie i recyrkulacja | 204000            | 22,6 | 2276  | 32,7 |
| Metoda hydrotechniczna                                 | 1500              | 0,2  | 100   | 1,4  |
| Utylizacja   | 138000            | 15,3 | 4190  | 60,2 |

Wśród metod górniczo-geologicznych, stosowanych w celu ograniczania dopływu wód zasolonych do wyrobisk kopalnianych, wyróżnia się (Chaber, Krogulski 1996, 1997, 1998):

- wybór do eksploatacji pokładów charakteryzujących się dopływem wód dołowych o możliwie najmniejszym ładunku soli,

- magazynowanie wód słonych w zrobach poeksploatacyjnych,
- zatłaczanie wód słonych do nieczynnych wyrobisk górniczych,
- ograniczanie dopływu wód dołowych do wyrobisk kopalnianych,
- zatłaczanie wód słonych do górotworu otworami zlokalizowanymi w wyrobiskach górniczych.

Zgodnie z pierwszą metodą poszukuje się do eksploatacji i wybiera te ściany w kopalniach, które odznaczają się dopływem wód o możliwie najmniejszym ładunku soli. Na podstawie badań pochodzenia wód kopalnianych i zawartości w nich ładunku soli stwierdzono, że bazuje ona na zalecaniu wydobycia z poziomów płytszych. Do magazynowania wód słonych, a także ich zatłaczania mogą być wykorzystane nieczynne wyrobiska górnicze. Najkosztowniejszą z wymienionych metod jest jednak ograniczanie dopływu wód dołowych do wyrobisk kopalnianych, polegające na zastosowaniu specjalnych uszczelnień zrobów i wyrobisk kopalnianych. Ostatnią z metod górniczo-geologicznych jest zatłaczanie wód słonych do górotworu. W tym celu w wyrobiskach górniczych wierci się otwory chłonne, do których są zatłaczane słone wody kopalniane bezpośrednio z wyrobiska.

Wśród metod ograniczania zrzutu zasolonych wód kopalnianych, po ich wypompowaniu na powierzchnię, wyróżnia się metody (Chaber, Krogulski 1996, 1997, 1998):

- recyrkulacji wód zasolonych,
- zatłaczania płytkiego lub głębokiego,
- hydrotechniczną, retencji i zrzutu wód do powierzchniowych cieków wodnych.

Pierwsza z nich polega na wykonywaniu otworów tłocznych do drenowanych przez kopalnie wodonośnych utworów karbońskich, a następnie wprowadzaniu do nich pod ciśnieniem słonej wody odprowadzanej z kopalni, bez konieczności odprowadzania jej do zbiorników zewnętrznych (Rogoż 1994).

Metody zatłaczania płytkiego i głębokiego polegają na zatłaczaniu wód słonych odpowiednio do utworów karbonu i do utworów dolnego karbonu i dewonu. Różnice między nimi polegają nie tylko na głębokościach odwiertów, ale przede wszystkim na uwarunkowaniach geologicznych.

Ostatnia ze wspomnianych metod, tj. metoda hydrotechniczna, polega na dozowanym odprowadzaniu wód słonych do cieków powierzchniowych, z uwzględnieniem różnic w chłonności rzeki uzależnionym od wartości przepływów średnioniskich i średniorocznych. Metoda ta wiąże się z dużymi nakładami inwestycyjnymi oraz wieloma uzgodnieniami formalnoprawnymi. Wymierną korzyścią dla kopalni, stosującej tę metodę, jest prawie ośmiokrotne zmniejszenie opłat za zrzut tych wód, w porównaniu z opłatami, jakie ponosiłaby kopalnia w przypadku bezpośredniego odprowadzania wody słonej do cieków powierzchniowych.

Kopalniane wody słone mogą być zagospodarowywane w różny sposób (Chaber, Krogulski 1998):

- przez lokowanie ich na dole kopalni w mieszaninach z pyłami dymnicowymi i odpadami poflotacyjnymi,



- przez wykorzystywanie ich do poprawy efektywności wydzielania części mineralnych z węgla w procesie jego płukania,
- do zraszania ładunków kruszyw i węgla,
- jako ciecze chłodzące w procesie schładzania,
- do produkcji wodorotlenku sodu, chloru gazowego itp.,
- w procesach elektrolizy.

Szczególnie interesujące jest deponowanie wód zasolonych (lokowanie ich na dole kopalni z pyłami dymnicowymi i odpadami poflotacyjnymi), pozwalające na jednoczesne rozwiązanie problemu większości odpadów drobnofrakcyjnych oraz na znaczne ograniczenie zużycia piasku podsadzkowego, gdyż wytworzona w ten sposób podsadzka samozestalająca się zmniejsza lub wręcz eliminuje potrzebę odprowadzania wody podsadzkowej oraz umożliwia zmianę kolejności wybierania warstw przy eksploatacji.

### **Nowoczesne metody rozwiązywania problemu zasolonych wód kopalnianych**

Opracowano kilka nowych metod rozwiązywania problemu zasolonych wód kopalnianych. Jedną z nich jest metoda otrzymywania zasadowego węglanu magnezowego z zasolonych wód kopalnianych, o czystości pozwalającej na stosowanie go w przemyśle farmaceutycznym i spożywczym.

Wśród innych metod na szczególną uwagę zasługują metody polegające na usuwaniu z wód kopalnianych zanieczyszczeń olejowych i koloidalnych, między innymi metoda z zastosowaniem do odolejania węgla aktywnego. Podstawą dobrego oczyszczenia wód kopalnianych z zanieczyszczeń olejowych jest ustabilizowanie procesów odwadniania w chodnikach wodnych oraz zrzutu tych wód do osadników. Poważne utrudnienia w procesie odsalania powoduje występowanie zanieczyszczeń w postaci rozpuszczonych substancji organicznych (Girczys, Caban-Pabian 2000). W celu uzdatnienia wody, która zawiera zanieczyszczenia pochodzenia organicznego wykorzystuje się węgiel aktywny.

### **Metody oczyszczania wód kopalnianych zawierających rad**

Zróznicowanie pod względem chemicznym wód kopalnianych zawierających rad, wymaga stosowania różnych metod oczyszczania wód radowych typu A i wód radowych typu B (Lebecka 1996; Chałupnik, Molenda 2002). Wody po oczyszczeniu nie mogą zawierać łącznie więcej niż  $0,7 \text{ kBq/m}^3$  izotopów  $\text{Ra}^{226}$  i  $\text{Ra}^{228}$ , a powstający podczas oczyszczania odpad promieniotwórczy nie może stanowić zagrożenia dla środowiska naturalnego i powinien pozostać jak najbliżej źródła, z którego pochodzi, co w przypadku kopalni oznacza, że powinien pozostać pod ziemią. Technologia wykorzystywana w procesie oczyszczania wód z radu musi być nie tylko tania i efektywna, ale także bezpieczna zarówno dla środowiska naturalnego, jak i dla ludzi wykorzystujących ją. Wody radowe typu A, zawierające jony baru, są stosunkowo łatwiejsze do oczyszczania, polegającego na mieszaniu ich z wodami naturalnymi, zawierającymi jony siarczanowe. W ten sposób w wyrobiskach podziemnych strąca się siarczany baru i radu. Obecnie często stosuje się bardzo podobną metodę oczyszczania wód radowych typu A na drodze dawkowania substancji wchodzących w reakcje chemiczne lub fizykochemiczne z radem znajdującym się w wodzie.

Oczyszczanie wód radowych typu B, polegające na dozowaniu do nich specjalnych substancji (sorbentów) jest metodą stosunkowo kosztowną. Podstawowym sorbentem jest sorbent Ra2 sporządzony z chlorku baru (łatwo rozpuszczalnym w wodzie, ułatwiającym współstrącanie się radu). Jako alternatywny sorbent wybrano baryt (Ra1). Technologia oczyszczania wód radowych typu B została opracowana w Biurze Studiów i Projektów Górniczych w Krakowie przy współpracy z Laboratorium Radiometrii Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach i pracownikami obsługującymi stanowisko oczyszczania wód kopalnianych z radu kopalni „Piast” w Bieruniu. W technologii tej przyjęto, że w pierwszym etapie będą oczyszczane z radu wody z poziomu 650 m kopalni, a w drugim z poziomu 500 m. Ma to w konsekwencji zapewnić bardzo efektywne oczyszczanie wód wynoszące nawet 90–95%. Technologia taka jest stosowana od maja 1999 roku w kopalni „Piast” w Bieruniu. Od momentu jej wprowadzenia ładunek radu odprowadzanego do rzeki Gostynki zmniejszył się w przypadku Ra<sup>226</sup> o ponad 40 MBq/dobę, a w przypadku Ra<sup>228</sup> o 65 MBq/dobę. Obecnie trwają prace nad zastosowaniem omówionej technologii w kopalni „Ziemowit”.

## PODSUMOWANIE

Każdego dnia do Wisły i Odry dopływają ogromne ilości zasolonych wód kopalnianych. Wody te stanowią poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego i zdrowia człowieka, a straty gospodarcze wynikające z nadmiernego zasolenia rzek wodami kopalnianymi są liczone w milionach dolarów. Gospodarka zasolonymi wodami kopalnianymi jest problemem bardzo złożonym, zależnym od wielkości, lokalizacji i stanu technicznego kopalń. Ilość wyłaczanych wód kopalnianych zależy od specyfiki danego basenu węglowego. Głębokość eksploatacji oraz rodzaj podłoża mają wpływ na stopień mineralizacji wód, jak i na zawartość w nich pierwiastków promieniotwórczych (radu i uranu). Rozwiązywanie problemu zanieczyszczenia wód, w tym ich zasolenia, stanowi jeden z głównych priorytetów polityki ekologicznej w Polsce, zgodnie z wymaganiami stawianymi przez Komisję Europejską, przykładającą dużą wagę do kontroli poziomu zanieczyszczeń środowiska, zwłaszcza zanieczyszczeń wód o charakterze regionalnym i międzynarodowym. Wśród działań podejmowanych przez kopalnie w celu minimalizacji negatywnego wpływu zasolonych wód kopalnianych na środowisko i gospodarkę wyróżnić należy zarówno działania techniczno-organizacyjne (ograniczające wielkość zrzutu wód zasolonych po ich wypompowaniu na powierzchnię), jak i rozwiązania technologiczne oczyszczania tych wód. Nieustannie trwają prace nad udoskonalaniem istniejących oraz opracowywaniem nowych metod rozwiązywania problemu zasolonych wód kopalnianych.

## Literatura

1. Chaber M., Krogulski K. (1996): *Problematyka wód słonych w kopalniach węgla kamiennego w latach 1990–2000*. Biuletyn PARG S.A. nr 8.
2. Chaber M., Krogulski K. (1997): *Program zagospodarowania wód słonych z kopalń węgla kamiennego*. Biuletyn PARG S.A. nr 1.

3. Chaber M., Krogulski K. (1998): *Problematyka wód słonych w górnictwie węgla kamiennego*. Wiadomości Górnicze nr 7-8.
4. Chałupnik S., Molenda E. (2002): *Oczyszczanie wód kopalnianych z radu*. Aura nr 4.
5. Dojlido J. (1987): *Chemia wody*. Warszawa, Arkady.
6. Girczys J., Caban-Pabian B. (2000): *Zastosowanie węgla aktywnego do odolejania zasolonych wód kopalnianych*. Wiadomości Górnicze nr 12.
7. *Gospodarka wodami kopalnianymi w górnictwie* (1997): Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 2.
8. Kharaka Y.K., Carothers W.W. (1986): *Oxygen and hydrogen isotope geochemistry of deep basin brines*. Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, Amsterdam.
9. Lebecka J. (1996): *Oczyszczanie wód kopalnianych z radu*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 5.
10. Pałys J. (1966): *O genezie solanek w górnym karbonie na Górnym Śląsku*. Rocznik PTG 36.
11. Pluta I., Wątor L., Zuber A. (1996): *Pochodzenie solanek kopalni Silesia w świetle badań izotopowych i hydrochemicznych. Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski*. Wrocław, Dolnośląskie Wydaw. Edukacyjne.
12. *Prawo ochrony środowiska Wspólnoty Europejskiej* (1996): T. 7: Woda. Warszawa, MOŚZNiL.
13. *Program zagospodarowania słonych wód dołowych z kopalń „Czczott”, „Piastr” i „Ziemowit”* (1992): Kraków, Ekosol Sp. z o.o.
14. Rogoż M. (1994): *Słone wody kopalniane w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym i możliwość ich wtłaczania do górotworu*. Wiadomości Górnicze nr 9.
15. Turek M. (1999): *Efektywność utylizacji solanek kopalnianych*. Wiadomości Górnicze nr 12.
16. Zuber A., Pluta I. (1989): *Wskaźniki izotopowe i chemiczne genezy solanek karbonu GZW. Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski*. Prace Naukowe Instytutu Geotechnologii Politechniki Wrocławskiej.

**Recenzent:** doc. dr hab. inż. Marek Rogoż, prof. GIG