

Andrzej F. ADAMCZYK

Zbigniew WILK

Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH

Kazimierz BEŁOWSKI

Leszek WĄTOR

KWK Silesia

ZAGROŻENIE GOCZAŁKOWICKIEGO ZŁOŻA BOROWINY
SŁONYMI WODAMI INFILTRUJACYMI
Z OSADNIKA WÓD DOŁOWYCH KWK SILESIA

Streszczenie. Słone wody dołowe pompowane z kopalni Silesia są odprowadzane do zbiornika Rontok Duży. Zlokalizowany jest on w naturalnym zagłębieniu terenu, w bezpośrednim sąsiedztwie Wisły. Około 200 m na zachód od zbiornika znajduje się złożo borowiny Rudołtowice, eksploatowane na potrzeby Uzdrowiska Goczałkowice. Złożo to pod względem hydrogeologicznym ma łączność ze słonymi wodami gromadzonymi w zbiorniku Rontok Duży, za pośrednictwem warstwy czwartorzędowych utworów piaszczysto-żwirowych. Ponad dziesięcioletnie działanie zbiornika spowodowało zasolenie wód podziemnych, występujących w tej warstwie w obszarze między zbiornikiem, a złożem borowiny i Wisłą. Koncentracje jonu chlorkowego w tym obszarze mieszczą się w granicach od około 0,1 do 12 g/dm³. Kilka czynników takich jak: zmienne w czasie pole hydrodynamiczne, konieczność odwadniania złoża borowiny, osiadanie powierzchni terenu w wyniku eksploatacji górniczej oraz dyspersja hydrodynamiczna powoduje, że mimo utrzymywania niskiej rzędnej piętrzenia solanki, złożo borowiny było zagrożone. W 1984 r. podjęto w KWK Silesia działania zabezpieczające. Zostały one opisane w innym referacie autorów.

Zbiornik retencyjno-dozujący słonych wód dołowych KWK Silesia został wybudowany w latach 1975-77. Miał on stanowić pierwsze ogniwo systemu hydrotechnicznego ochrony wód Wisły przed zasolonymi wodami kopalń wschodniej części GZW, który zakładał zlokalizowanie wzdłuż tej rzeki zbiorników retencyjno-dozujących. Zbiorniki te współpracując w systemie, miały umożliwić takie sterowanie zrzutami solanek do Wisły, aby nie spowodować przekroczenia w jej wodzie dopuszczalnych dla rzek II klasy czystości zawartości chlorków, siarczanów i zawiesiny. Zbiornik Rontok Duży został usytuowany w naturalnym zagłębieniu terenu i tylko od strony południowej ogranicza go sztucznie usypana grobla będąca równocześnie wałem przeciwpowodziowym Wisły (rys. 1). Powierzchnia zbiornika wynosi około 0,5 km²,

zaś przy docelowej wysokości piętrzenia ustalonej w projekcie, tj. 244,3 m npm, miał on mieć pojemność 1,7 mln m³.

Ani projekt zbiornika, ani jego budowa nie zostały poprzedzone badaniami budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych zwłaszcza w aspekcie bliskiego sąsiedztwa złoża borowiny Rudołtowice. Złoże to, będące jedną z podstaw działalności Uzdrowiska Goczałkowice, znajduje się w odległości około 200 m od zachodniego brzegu zbiornika Rontok Duży. Posiada ono, jak okazało się już po wybudowaniu zbiornika, hydrogeologiczną łączność z gromadzonymi w nim słonymi wodami. Przy określonym poziomie piętrzenia solanki stwarza to, zagrożenie filtracji słonych wód w kierunku złoża. Jak wynika z niepublikowanych badań Instytutu Balneoklimatycznego w Poznaniu, może to spowodować zmianę niektórych własności borowiny, szczególnie zaś jej zdolności sorpcyjnych.

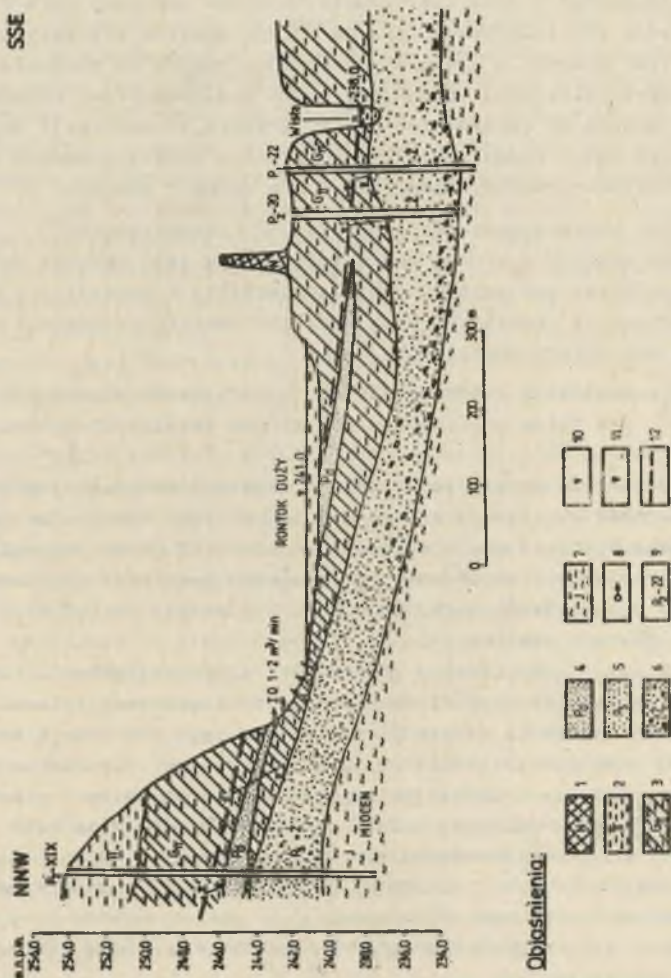
Do zbiornika odprowadza się około 10 000 m³/dobę wód o średniej mineralizacji 54 g/dm³. Średnia koncentracja chlorków w wodach gromadzonych w zbiorniku wynosi 31 g/dm³.

W rejonie zbiornika Rontok Duży i złoża borowiny na nieprzepuszczalnych iłach trzeciorzędu o miąższości 110-200 m zalegają utwory czwartorzędowe o miąższości 10-20 m. Utwory czwartorzędowe, stanowiące bezpośrednio podłoże zbiornika solanki, budują, idąc od dołu: warstwa piaszczysto-żwirowa o miąższości 1-8 m, nieciągła warstwa gruntów organicznych (namulów, torfów i borowin) o miąższości 0-4 m, nieciągła warstwa piaszczysto-pylasta o miąższości 0-2,5 m oraz przykrywające ją spójne grunty gliniasto-pylaste o miąższości 0,5-5 m (rys. 1).

Złoże borowiny oraz zbiornik wód słonych znajdują się w obrębie utworów czwartorzędowych, w których stwierdzono istnienie dwóch poziomów wodonośnych. Mogą one stanowić drogę migracji solanki ze zbiornika w kierunku złoża borowiny.

Zasadnicze znaczenie dla warunków hydrogeologicznych czwartorzędu ma dolny poziom wodonośny związany z warstwą piaszczysto-żwirową. Zwierciadło wody w tym poziomie ma miejscami charakter naporowy. Rzędne zwierciadła wody podziemnej wahają się od 238,0 m npm w zawalu Wisły (część południowa) do ponad 250,0 m npm w północnej części rozpatrywanego obszaru. Generalny spływ wód podziemnych odbywa się z północy na południe, tj. do koryta Wisły, która stanowi podstawę drenażu (rys. 1). Ze względu na bliskie sąsiedztwo zapory w Goczałkowicach, rzędne zwierciadła wód rzecznych w rejonie zbiornika Rontok Duży, nie ulegają większym zmianom i mają wartość około 238,2 m npm. Współczynniki filtracji warstwy piaszczysto-żwirowej wahają się w granicach od 8 do 25 m/24 h. Wody tego poziomu mają więc hydrauliczną nie tylko z rzeką Wisłą, ale także z wodami złoża borowiny, Ciekim Goczałkowickim oraz naturalnym zbiornikiem Rontok Mały.

Górny poziom wodonośny związany jest z nieciągłą warstwą piaszczysto-pylastą. Jest ona słabo rozpoznana zarówno pod względem rozprzestrzenie-



Rys. 1. Przekrój hydrogeologiczny przez rejon zbiornika Rontok Duży

1 - nasyp, 2 - pyły, 3 - gliny pylaste, 4 - piaski drobnoziarniste, 5 - piaski średnioziarniste, 6 - żwirny i piaski gruboziarniste, 7 - łąki, 8 - źródła i wysięki, 9 - piezometry, 10 - zwierciadło nawisrcone, 11 - zwierciadło ustalane, 12 - piezometryczna linia ciśnienia wód podziemnych

Fig. 1. Hydrogeologic section across the salt water reservoir Rontok Duży

1 - embankment, 2 - silt, 3 - silty loam, 4 - fine grained sands, 5 - medium grained sands, 6 - gravels and coarse-grained sands, 7 - lakes, 8 - springs and water discharges, 9 - observation wells, 10 - ground-water level encountered in drill-wells, 11 - Groundwater level established in drill-wells, 12 - piezometric surface

nia, jak i własności hydrogeologicznych. W otworach badawczych obserwowano najczęściej stabilizowanie się zwierciadła wody w obu poziomach wodonośnych na tych samych lub bardzo zbliżonych rzędnych. Można więc przypuszczać, że istnieje między nimi więź hydrauliczna, a tym samym możliwość zasolenia wód obu poziomów.

Stopień zasolenia wód gruntowych scharakteryzowano, wydzielając w nich trzy strefy: wód słodkich, wód umiarkowanie zasolonych i silnie zasolonych. Graniczne koncentracje chlorków, powyżej których uznajemy wody za silnie i umiarkowanie zasolone wyznaczono na drodze analizy statystycznej. Wydzielenie tych granic, a właściwie grup wód, oparto na analizie rozkładu koncentracji chlorków w wodach pobranych z piezometrów. Do analizy wykorzystano wyniki 66 oznaczeń chlorków. Średnia koncentracja tego jonu wynosiła w nich 585,9 mg/dm³. Rozkład chlorków w badanych wodach ma charakter logarytmiczno-normalny. Wydzielić w nim można 2 zbiory:

- zbiór wartości tła hydrochemicznego - strefa wód niezasolonych,
- zbiór wartości anomalnych - strefa wód zasolonych. W jego obrębie można wydzielić - podzbiór wód zmieszanych (wartości tła i anomalii) - strefa wód umiarkowanie zasolonych oraz podzbiór wartości anomalnie wysokich - strefa wód silnie zasolonych.

Dolna granica koncentracji chlorków dla wód umiarkowanie zasolonych wynosi 80,0 mg/dm³, zaś dolna granica dla wód silnie zasolonych wynosi 800 mg/dm³.

Uwzględniając mechanizm przenoszenia soli w warstwie wodonośnej można powiedzieć, że obecność strefy wód silnie zasolonych jest rezultatem ich filtracyjnego przemieszczania się w strumieniu wód podziemnych. Natomiast strefa wód umiarkowanie zasolonych powstaje w wyniku dyspersji poprzecznej strumienia wód silnie zasolonych. Następuje tym samym, jak gdyby "rozmycie" strumienia wód zasolonych.

Zbiornik Rontok Duży zlokalizowany jest w naturalnym zagłębieniu terenu. Opierając się na informacjach uzyskanych w czasie wiercenia piezometrów w sąsiedztwie zbiornika stwierdzić można, że jego dno budują utwory o zróżnicowanej przepuszczalności. Są to zarówno utwory półprzepuszczalne, tj. gliny pylaste i pyły, jak i przepuszczalne: żwiry i piaski. Utwory piaszczysto-żwirowe zalegają w dnie północnej części zbiornika, natomiast w części środkowej i południowej występują pyły i gliny pylaste, zalegające na piaskach i żwirach głównego czwartorzędowego poziomu wodonośnego. Miąższość utworów słabo przepuszczalnych jest niewielka (1-3 m) więc nie stanowią one przeszkody dla przemieszczania się solanek do poziomu piaszczysto-żwirowego.

W takich warunkach dominujące znaczenie w procesie migracji chlorków, stanowiących główne źródło zagrożenia dla borowiny, odgrywa ich konwekcyjne przenoszenie z infiltrującymi ze zbiornika wodami do warstwy wodonośnej oraz poprzeczna dyspersja hydrodynamiczna. Dyfuzyjne przemieszczanie się soli w gruncie, pod wpływem gradientów koncentracji, odgrywa dla

warstwy wodonośnej rolę drugorzędną, bowiem jego zasięg jest średnio o dwa rzędy wielkości mniejszy, aniżeli pod wpływem filtracji. Jak wiadomo znaczenie dyfuzji w migracji jonów jest większe w utworach słaboprzepuszczalnych oraz dominujące w nieprzepuszczalnych. Inne procesy, takie jak adsorbcja czy wymiana jonowa, w migracji chlorków nie odgrywają praktycznie żadnej roli.

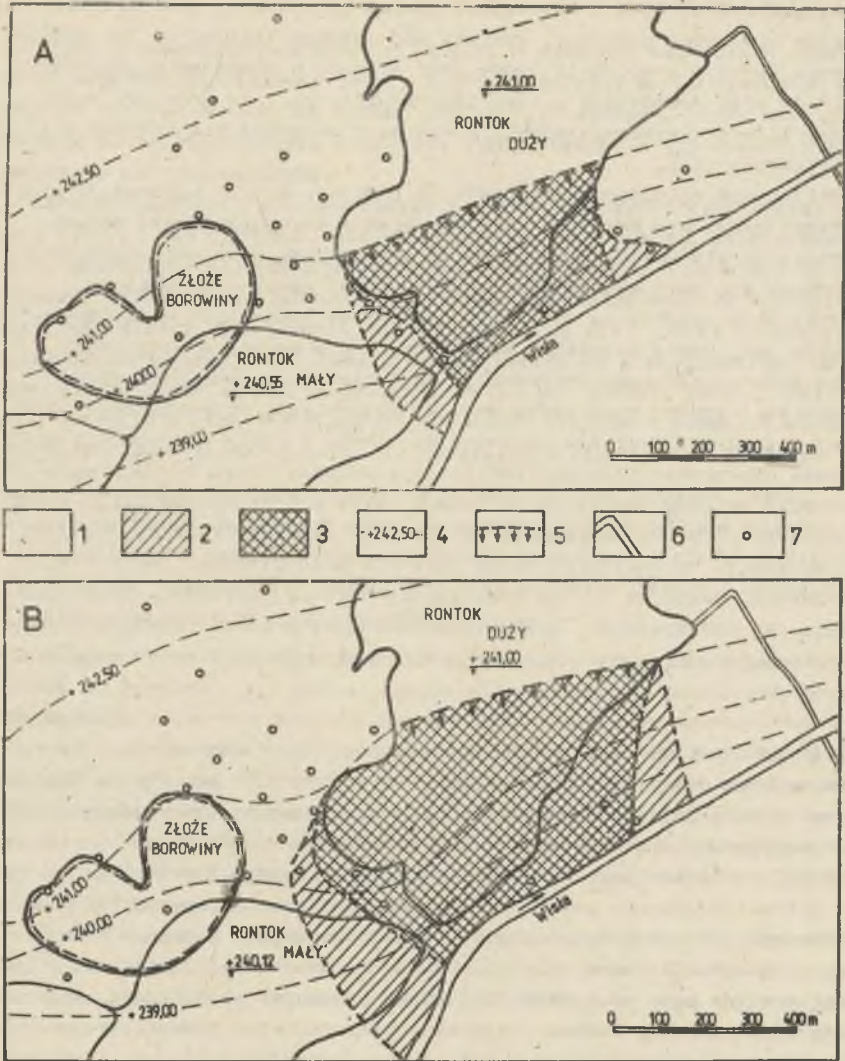
Infiltrujące ze zbiornika solanki po dostaniu się do głównej warstwy wodonośnej zaczynają przemieszczać się wraz z przepływającymi wodami w kierunku koryta Wisły. Równocześnie, pod wpływem gradientu gęstościowego odbywa się ruch wód zasolonych ku spągowi warstwy wodonośnej.

Infiltracja solanki ze zbiornika do warstwy wodonośnej może odbywać się tylko tam, gdzie ciśnienie hydrostatyczne w warstwie wodonośnej (rzędna zwierciadła wody podziemnej) jest niższe od ciśnienia wody w zbiorniku (rzędnej piętrzenia wody w zbiorniku). Hydroizohipsa równa rzędnej piętrzenia jest tzw. granicą zasilania i tylko na południe od niej może następować zjawisko infiltracji solanki (rys. 2). Dla zbiornika Rontok Duży granicą zasilania do 1984 r. była hydroizohipsa 241,0 m npm, gdyż taka była rzędna piętrzenia solanki. Od kwietnia 1984 r., tzn. od czasu obniżenia rzędnej piętrzenia jest nią hydroizohipsa 240,7 m npm. Warto zwrócić uwagę na to, że przy takiej rzędnej piętrzenia oraz nie-
możności jej podniesienia, zbiornik Rontok Duży przestał spełniać swoją rolę retencyjno-dozującą. Stał się jedynie osadnikiem dla wód kopalnianych.

W rozpatrywanym przypadku można pominąć różnicę ciśnienia wynikającą z różnic gęstości wód gruntowych i wód gromadzonych w zbiorniku, których gęstość wynosi około $1,03 \text{ g/cm}^3$. Ciśnienie wytwarzane przez słup takich wód jest wyższe od ciśnienia odpowiadającego mu słupa wód słodkich. Ponieważ maksymalna wysokość słupa słonych wód (głębokość stawu) nie przekracza 2,5 m różnica gęstości wód nie ma praktycznego znaczenia.

Na północ od granicy zasilania mamy do czynienia ze zjawiskiem zasilania zbiornika Rontok Duży słodkimi wodami gruntowymi. W części połnocnej zbiornika obserwuje się niewielkie źródła o łącznej wydajności $1-2 \text{ m}^3/\text{min}$. Również pomiary przy upuszczeniu ze zbiornika wykazują, że odpływ przewyższa zrzut słonych wód kopalnianych o około $1 \text{ m}^3/\text{min}$, mimo niewątpliwej infiltracji części wód przez dno poniżej granicy zasilania.

Analiza map przestrzennego zasięgu poziomów górnego i dolnego w podłożu zbiornika prowadzi do wniosku, że bardziej zagrożony zasoleniem jest poziom górny. Występuje on na głębokości od 0 do 2 m pod jego dnem. Mamy więc do czynienia ze strefami bezpośredniego kontaktu słonych wód z górnym poziomem wodonośnym. Dolny poziom wodonośny w strefie zasilania występuje na głębokości 2 do 5 m poniżej dna zbiornika, a od poziomu górnego oddzielają go pyły i pyły piaszczyste. Warstwa ta nie stanowi przeszkody dla przemieszczania się solanek włąb. Warunki infiltracji solanek polepszają się wybitnie w północnej i środkowej części zbiornika,



Rys. 2. Mapa hydrogeologiczna rejonu zbiornika Rontok Duży według stanu na 1981 r. (A) i 1985 r. (B)

1 - obszar występowania wód niezasolonych, 2 - obszar występowania wód umiarkowanie zasolonych, 3 - obszar występowania wód silnie zasolonych, 4 - hydroizohiipy, 5 - granica zasilenia wód podziemnych, 6 - rurociąg doprowadzający słone wody kopalniane, 7 - piezometry

Fig. 2. Hydrogeologic maps of the vicinity of the Rontok Duży salt water reservoir for the years: 1981 (A) and 1985 (B)

1 - area of occurrence of fresh water, 2 - area of occurrence of weak salty water, 3 - area of occurrence of strong salty water, 4 - equipotential lines, 5 - boundary of groundwater recharge, 6 - pipe line transporting brines from the coal mine Silesia, 7 - observation wells

gdzie poziomy górny i dolny zbliżają się do jego dna. Każde przesunięcie granicy infiltracji na północ, co może nastąpić w wyniku podniesienia rzędnej piętrzenia w zbiorniku lub obniżenia ciśnienia w warstwie wodonośnej, może spowodować intensyfikację infiltracji solanki.

Strumień wód zasolonych, jaki się tworzy po wymieszaniu solanki infiltrującej ze zbiornika z wodami podziemnymi, ma początkowo szerokość równą długości granicy zasilenia. Kierunek przepływu wód zasolonych, a tym samym szerokość strumienia tych wód, są zależne od układu pola hydrodynamicznego (rys. 2). Generalnie, jak o tym wcześniej wspomniano, spływ wód odbywa się z północy na południe, prostopadle do doliny Wisły. Jak widać z obrazu przedstawionego na rys. 2 taki kierunek przemieszczania się chlorków, nie powinien zagrażać złożu borowiny, które jest położone około 200 m na zachód od brzegu zbiornika Rontok Duży. Po pierwszych ekspertyzach (3 i 4) dla rozpoznania stopnia zagrożenia złoża borowiny, już po zbudowaniu zbiornika, przeprowadzono w kilku seriach, wiertnicze prace rozpoznawcze. Następnie w sieci obejmującej 30 specjalnie wykonanych piezometrów, systematycznie mierzono stany zwierciadła wód oraz pobierano próbki wody. Obserwacje te i badania składu chemicznego pobranych prób wód dały podstawę dla określenia stopnia zagrożenia złoża borowiny solankami infiltrującymi ze zbiornika.

W wyniku badań modelowych [2] ustalono, że maksymalna rzędna piętrzenia solanki w zbiorniku nie może przekraczać 241,0 m npm. Taka też rzędna była utrzymywana w zbiorniku od początku jego funkcjonowania do 1984 r., kiedy to obniżono ją do 240,7 m npm. Mimo to, w toku późniejszych obserwacji, stwierdzono poszerzenie się obszaru objętego skażeniem między zbiornikiem, a złożem borowiny (rys. 2). W 1981 r. granica wód silnie zasolonych przebiegała około 220 m od złoża, zaś wód umiarkowanie zasolonych około 200 m od niego. W 1984 r. mimo nie zmienionej rzędnej piętrzenia nastąpiło powiększenie obszaru objętego zasoleniem. Zadecydowało o tym "przesunięcie" granicy zasilenia o około 150 m w kierunku północnym. Było to wynikiem obniżenia się zwierciadła wód podziemnych o około 0,8 m, co na warunki rejonu badań jest obniżeniem znacznym.

Przemieszczenie ku północy granicy zasilenia zwiększyło szerokość nie tylko strumienia wód silnie zasolonych lecz także strefy wód umiarkowanie zasolonych, jako że przy zwiększeniu drogi przepływu skażeń rośnie szerokość strefy ich dyspersyjnego rozmycia. Jak z tego widać stopień zagrożenia złoża borowiny zależy nie tylko od rzędnej piętrzenia solanki w zbiorniku, ale także od czynników naturalnych takich jak stany wód gruntowych, czy własności dyspersyjne warstwy wodonośnej.

Istnieją jeszcze dwa czynniki ze sobą ściśle związane, wpływające na to zagrożenie. Rejon złoża borowiny znajduje się w obszarze wpływów eksploatacji górniczej, w zasięgu osiadania poeksploatacyjnego. W rezultacie tego następuje względne podnoszenie się zwierciadła wód w obrębie złoża borowiny. Jej eksploatacja wymaga natomiast utrzymywania stałej wysokości

spiętrzenia wody nad złożem borowiny. Dlatego w jego obrębie prowadzi się planowy, kontrolowany drenaż. Pompowana woda jest zrzucana do zbiornika Rontok Mały. Mimo, że na skutek tego drenażu następuje zaledwie niewielkie obniżenie zwierciadła wody, powodowane nim zmiany pola hydrodynamicznego sprzyjają przepływowi wód zasolonych w kierunku złoża borowiny.

Jak wynika z przedstawionych powyżej faktów, mimo utrzymywania do 1984 r., piętrzenia solanki w zbiorniku na rzędnej 241,0 m npm, a nawet jego obniżenia do 240,7 m npm, istniało zagrożenie dopływem wód zasolonych do złoża borowiny. Dlatego też w 1984 roku podjęto działania zabezpieczające według koncepcji przedstawionej przez zespół pracowników kopalni. Polegały one na przedzieleniu zbiornika solanki groblą i po uprzednim usunięciu solanki, wprowadzeniu do części bliższej złoża borowiny, wód słodkich. Skuteczność działania tego zabezpieczenia przedstawiono w kolejnym artykule autorów [1].

LITERATURA

- [1] Adamczyk A.F., Belowski K., Wątor L., Wilk Z.: Analiza działania zbiornika zabezpieczającego złoża borowiny Uzdrowiska Goczałkowice przed infiltracją słonych wód z osadnika KWK Silesia, Zesz. Nauk. Pol. Śl. (w druku) 1988.
- [2] Kamiński B. z zespołem: Prognoza zasolenia borowiny goczałkowickiej oraz gruntów rolnych w sąsiedztwie zbiornika Rontok Duży retencyjnego solanki KWK Silesia. Maszynopis Pol. Krakowska 1988.
- [3] Kleczkowski A.S.: Opinia w sprawie zagrożenia złoża borowiny Rodułowice przed migracją solanki ze stawu Rontok Duży. Maszynopis 1979.
- [4] Konior K.: Uwagi o warunkach ograniczonej eksploatacji zbiornika retencyjno-dozującego wód słonych Rontok. Maszynopis 1978.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Józef Sztelak

Wpłynęło do redakcji w kwietniu 1988 r.

УГРОЗА ГОЧАЛКОВИЦКОМУ МЕСТОРОЖДЕНИЮ ЛЕЧЕБНЫХ ГРЯЗЕЙ
СОЛНЕЧНЫМИ ВОДАМИ, ИНФИЛЬТРИРУЮЩИМИ ИЗ РЕЗЕРВУАРА
ШАХТНЫХ ВОД КАМЕННУГОЛЬНОЙ ШАХТЫ СИЛЕЗИИ

Р е з ю м е

Соленые шахтные воды, откачиваемые из шахты Силезия, отводятся в резервуар Ронток Дужи. Он располагается в природном углублении местности и непосредственном соседстве реки Вислы. Около 200 м. к западу от резервуара залегают месторождение лечебных грязей Рудолтовице, эксплуатируемое для

нужд курорта Гочалковице. Это месторождение в гидрогеологическом отношении имеет связь с соленными водами, накапливаемыми в резервуаре Ронток Дужи, посредством слоя четвертичных песчанисто-гравийных образований. Более десятилетнее воздействие резервуара вызвало засоленность подземных вод, находящихся в этом слое, в области между резервуаром и месторождением лечебных грязей и рекой Вислой. Концентрации хлористого иона в этой области находятся в пределах около 0,1 до 12 г/дм³. Несколько факторы такие, как: изменяющееся во времени гидродинамическое поле, необходимость водоотлива месторождения лечебных грязей, оседание поверхности местности в результате горных работ, а также гидродинамическая дисперсия вызывают то, что несмотря на поддерживание низкой отметки уровня рассола месторождение лечебных грязей находилось под угрозой.

В 1984 г. были предприняты в каменноугольной шахте Силезия предохранительные действия. Они описаны в другом докладе авторов.

THE GOCZAŁKOWICE DEPOSIT OF BATH MUD AND THE DANGER OF ITS
POLLUTION BY SALT WATERS INFILTRATING FROM THE MINE WATERS
RESERVOIR OF THE COAL MINE SILESIA

S u m m a r y

The slat mine waters pumped from the coal mine Silesia are discharged into the reservoir Rontok Duży located in a natural depression closely adjoining the Vistula. About 200 m to the west from the reservoir there is a deposit of bath mud exploited by the health resort Goczalkowice. What regards its hydrogeological position this deposit remains in a hydraulic contact with the salt waters collected in the reservoir Rontok Duży through a layer of Quaternary sands and gravels. Over 10 year-long operation of the reservoir caused a contamination of the groundwater with salt in the region between the reservoir, the bath mud deposit and the Vistula. The concentration of chloride ion in this area is about 1,0 to 12 g/dm³. A number of factors such as: time dependent hydrodynamic field, the necessity of draining the deposit of the bath mud, the subsidence of the territory due to mining exploitation and hydrodynamic dispersion in spite of retained low level of salt water accumulation in the reservoir endangered the bath mud deposit with pollution. In 1984 in the coal mine Silesia protection measures were undertaken which are described in a separate paper by the present authors.