

Andrzej RÓŻKOWSKI, Piotr SIWEK
Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec

WPLYW NADKLADU NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ MINERALIZACJI WÓD KOPALNIANYCH W GÓRNOŚLĄSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM

Streszczenie. Skład chemiczny i mineralizację wód kopalnianych w GZW kształtują czynniki geologiczne i antropogeniczne. Wśród czynników geogenicznych podstawowe znaczenie ma przepuszczalność utworów nadkładu karbonu produktywnego. Przeprowadzone badania hydrogeologiczne umożliwiły wydzielenie w zasięgu zagłębia siedmiu rejonów hydrochemicznych o zróżnicowanych warunkach hydrogeologicznych i górniczo-technicznych kształtujących chemizm wód kopalnianych.

IMPACT OF THE CARBONIFEROUS COVER ON MINE WATER MINERALIZATION IN THE UPPER SILESIAN COAL BASIN

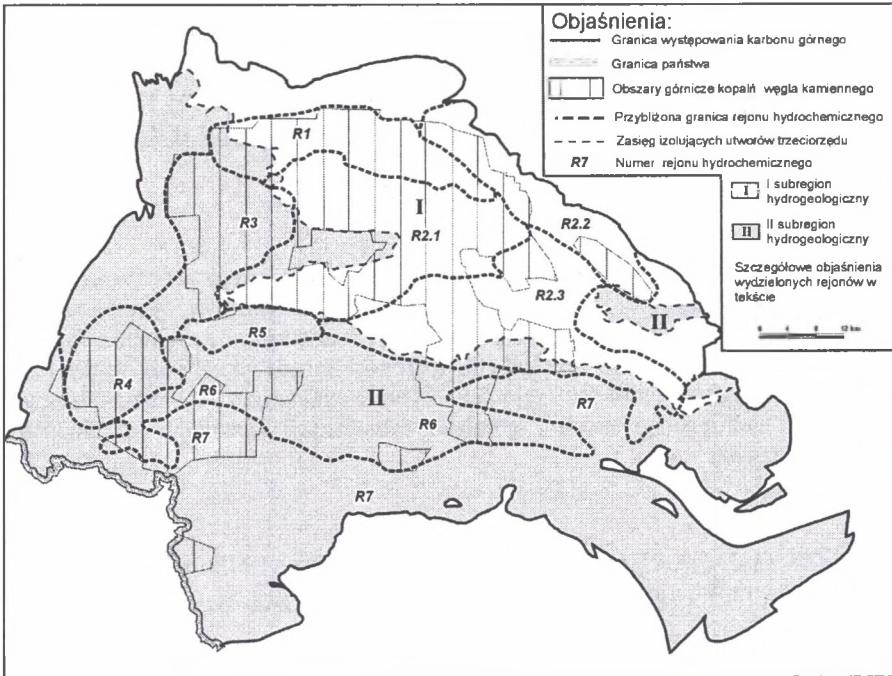
Summary. Chemical composition and mineralization of mine waters in the USCB are formed by geologic and anthropogenic factors. Among geogenic factors permeability of the productive Carboniferous cover is of the basic importance. Hydrogeologic investigations carried out within the USCB made possible to separate seven hydrochemical regions of differentiated hydrogeologic and mine-technical conditions influencing mine waters chemical compositions.

1. Warunki hydrogeologiczne GZW

Górnośląskie Zagłębie Węgłowe (GZW) o powierzchni 7500 km², w tym 5500 km² w granicach Polski, tworzy niezależny region hydrogeologiczny [3]. W jego profilu hydrogeologicznym występuje piętro wodonośne karbonu produktywnego, o miąższości

dochodzącej do 4500 m, w którego stropie występują piętra wodonośne zbudowane z utworów kenozoicznych i mezozoicznych.

W zasięgu GZW wydzieli się dwa subregiony hydrogeologiczne: północno – wschodni (I) i południowo – zachodni, o zróżnicowanej budowie geologicznej i warunkach hydrogeologicznych (rys.1).



Rys. 1. Mapa rejonów hydrochemicznych obszarów górniczych Górnosyberyjskiego Zagłębia Węglowego
Fig. 1. Hydrogeochemical regions of the Upper Silesian Coal Basin

W subregionie północno - wschodnim (I) czwartorzędowe i triasowe poziomy wodonośne znajdują się w więzi hydraulicznej z karbońskimi poziomami wodonośnymi. Ze względu na elewacyjne położenie subregionu oraz na występujące tu kontakty hydrauliczne między wodami podziemnymi nadkładu i karbonu, obszar ten należy uznać za regionalną strefę zasilania karbońskich poziomów wodonośnych.

Subregion południowo - zachodni (II) leży w zasięgu alpejskich struktur zapadliskowych, ciągnących się od Karpat na południu po Gliwice na północnym zachodzie zagłębia (rys.1). Zapadlisko przedkarpackie jest wypełnione mięszym izolującym, kompleksem ilastych utworów neogenu, spoczywających z reguły bezpośrednio na utworach karbonu

produktywnego. Lokalnie utwory neogenu zostały wyerodowane, co umożliwia występowanie bezpośredniej więzi hydraulicznej między poziomami wodonośnymi czwartorzędu i karbonu produktywnego. Utrudnione zasilanie poziomów wodonośnych karbonu może mieć również miejsce w rejonach zredukowanej miąższości i podwyższonego zapiaszczenia utworów trzeciorzędowych.

Podstawę drenażu karbońskich poziomów wodonośnych stanowią głównie wyrobiska górnicze kopalń węgla kamiennego oraz w nieznacznym stopniu strefy regionalnych dyslokacji, lokalnie w I subregionie hydrogeologicznym doliny rzeczne. Intensywny drenaż wód przez kopalnie węgla kamiennego spowodował utworzenie się olbrzymich obszarów obniżonych ciśnień piezometrycznych w utworach karbonu. Utworzone leje depresji o powierzchni ogólnej ok. 1720 km² obejmują swym zasięgiem znaczną część zagłębia. Ocenia się, iż objętość zdrenowanego górotworu karbońskiego wynosi ok. 100 km³, a pod wpływem drenażu górniczego znajduje się ok. 500 – 600 km³ skał karbońskich [7].

Aktywnemu drenażowi górniczemu podlegają również poziomy wodonośne czwartorzędu i triasu, występujące w bezpośrednim nadkładzie eksploatowanych złóż węgla w strefach zasilania karbońskich poziomów wodonośnych.

Działalność górnicza jest podstawowym czynnikiem wpływającym na współczesny reżim wód podziemnych w zagłębiu zarówno w utworach karbonu produktywnego, jak i w pewnym zakresie w utworach nadkładu. Eksploatacja górnicza prowadzona jest na skalę przemysłową od końca XVIII wieku. Obszary górnicze obejmują powierzchnię ok. 2000 km² (rys.1). Maksymalne głębokości eksploatacji czynnych obecnie 40 kopalń węgla kamiennego dochodzą do 1200 m. Większość kopalń położona jest w północnej części GZW, w zasięgu płytkiego występowania karbonu produktywnego, w ramach struktur siodła głównego, niecki bytomskiej i północnego skłonu niecki głównej. Wyczerpywanie się złóż płytko zalegających i celowość eksploatacji węgla koksujących spowodowały, w połowie XX wieku, konieczność budowy nowych głębokich kopalń w zasięgu niecki głównej, w warunkach przykrycia serii złożowej izolującymi utworami trzeciorzędowymi (rys.1).

Eksploatacji górniczej towarzyszą zawały, spękania i odprężenie skał. Procesy te udrażniają górotwór i umożliwiają połączenia hydrauliczne między naturalnie izolowanymi poziomami wodonośnymi [2] Zasadniczy wpływ na zmianę reżimu wód podziemnych w utworach karbonu ma jednak drenaż górniczy i związane z nim pompowanie 558,6 m³/min wód kopalnianych [6].

2. Skład chemiczny i mineralizacja wód kopalnianych

W profilu hydrogeologicznym piętra wodonośnego karbonu produktywnego obserwuje się występowanie wyraźnej strefowości hydrochemicznej. Wspomniana strefowość charakteryzuje się zmianami mineralizacji oraz składu chemicznego wód wzdłuż dróg przepływu. Obserwuje się ogólną tendencję wzrostu mineralizacji wód z głębokością ich występowania, w granicach od 0,13 do 372 g/dm³, niezależnie od wieku utworów. Równocześnie występują zmiany składu jonowego wód zgodnie z sekwencją: HCO₃⇒SO₄⇒Cl [4].

Zasadą podziału na strefy hydrochemiczne w GZW jest istnienie dwóch typów wód o różnym pochodzeniu i odmiennej genezie. Obok współczesnych słabo zmineralizowanych wód infiltracyjnych występują reliktowe solanki różnych cykli hydrogeologicznych. Strefę przejściową między tymi genetycznie różnymi wodami tworzy strefa wód mieszanych, powstała na skutek mieszania się wspomnianych typów wód. Występowanie różnych genetycznie typów wód zostało potwierdzone i udokumentowane wynikami badań składu izotopowego wód [1, 4].

Skład chemiczny i mineralizację wód kopalnianych kształtują, obok naturalnych czynników geologicznych, również czynniki antropogeniczne, w tym głównie szeroko pojęta działalność górnicza. Rozpatrując wpływ czynnika geogenicznego na formowanie się strefowości hydrochemicznej, należy przede wszystkim uwzględnić zróżnicowaną budowę geologiczno - strukturalną zagłębia. Podstawowe znaczenie ma w tym zakresie przepuszczalność utworów nadkładu karbonu produktywnego. Przepuszczalne utwory nadkładu umożliwiają, bowiem w warunkach drenażu górniczego intensywną infiltrację słabo zmineralizowanych wód powierzchniowych w głąb górotworu. Natomiast ilaste utwory neogenu stanowią izolującą barierę hydrodynamiczną, chroniącą solanki występujące w utworach karbonu przed ich wysłodzeniem.

Eksploracja górnicza, w zasięgu wpływu oddziaływania górniczego drenażu, stanowi podstawowy czynnik modyfikujący skład chemiczny i mineralizację wód kopalnianych, bowiem jej skutkiem jest zwiększenie przepuszczalności górotworu oraz przerwanie ciągłości warstw izolujących. Głęboka infiltracja niskozmineralizowanych wód z nadległych poziomów wodonośnych, lokalnie przebiegająca wzdłuż stref dyslokacji ascenzja solanek oraz dopływ do wyrobisk górnicznych wód technologicznych prowadzą w efekcie do procesów mieszania się i do zmiany naturalnego składu chemicznego i mineralizacji naturalnych wód

podziemnych. Generalnie obserwuje się postępujące wylódzenie wód kopalnianych w czasie. Proces ten jest szczególnie intensywny w zasięgu obszarów zasilania karbońskich poziomów wodonośnych.

Chemizm wód kopalnianych formuje się w różnych ośrodkach geologicznych w warunkach zmiennego oddziaływania czynników antropogenicznych. Stąd w zasięgu wpływu oddziaływania eksploatacji górniczej mogą występować na tych samych głębokościach zróżnicowane wartości mineralizacji wód i różne ich typy chemiczne.

Wody kopalniane strefy infiltracyjnej zawdzięczają swój skład chemiczny i mineralizację procesom fizykochemicznym zachodzącym między wodami i ośrodkiem skalnym w strefie utleniania. Istotną rolę może tu odgrywać również migracja zanieczyszczeń z powierzchni terenu. W strefie tej formują się wody o mineralizacji 0,2 – 5,3 g/dm³, głównie typu wodorowęglanowo – siarczanowego i siarczanowego, tworzące zazwyczaj sole z jonami wapnia i magnezu [5].

Wody strefy mieszania, o ogólnej mineralizacji rzędu od kilku do ok. 70g/dm³, należą głównie do typów hydrochemicznych Cl-HCO₃-Na oraz Cl-Na. Wody te występują zarówno w strefie utleniania, jak i redukcji. Obserwuje się postępujący proces pogłębiania się strefy mieszania i wysładzania się występujących w niej wód na skutek długotrwałej i pogłębiającej się eksploatacji górniczej.

Solanki reliktowe strefy stagnacji hydrodynamicznej charakteryzują się mineralizacją dochodzącą do 372 g/dm³. Są to wody typu Cl-Na i Cl-Na-Ca występujące w strefie redukcji. Lokalne ich wylódzenie w wyrobiskach górniczych może mieć miejsce na skutek doprowadzenia wód technologicznych lub wieloletniej udrażniającej górotwór eksploatacji górniczej.

3. Regionalne zróżnicowanie mineralizacji wód kopalnianych w utworach karbonu produktywnego

Zróżnicowanie regionalne pionowej strefowości mineralizacji wód podziemnych w utworach karbonu produktywnego GZW analizowano śledząc jej rozwój w poszczególnych rejonach hydrochemicznych.

Wydzielenie rejonów hydrochemicznych w górniczo zagospodarowanej części GZW wykonane zostało przy uwzględnieniu warunków geologiczno – strukturalnych, ogólnych hydrogeologicznych oraz górniczo – technicznych [4]. W oparciu o wspomniane kryteria

wydzielono 7 rejonów hydrochemicznych, które ze względu na swe warunki geologiczne, górnice, a przede wszystkim wykształcenie litologiczne i przepuszczalność nadkładu wyraźnie różnią się wzajemnie od siebie (rys.1).

W zasięgu pierwszego (I) odkrytego subregionu hydrogeologicznego wydzielono 2 rejonu hydrochemiczne: bytomski (1) oraz łażisko – dąbrowski (2). Pierwszy z nich obejmuje obszar stałego występowania węglanowych utworów triasu w stropie karbonu produktywnego w niecce bytomskiej. Drugi rejon to obszary siodła głównego i jego południowego skłonu oraz północno - wschodniego obrzeżenia zagłębia, w zasięgu których obserwuje się występowanie różnowiekowych przepuszczalnych utworów nadkładu w stropie karbonu.

Ze względu na zróżnicowane wykształcenie litologiczne i przepuszczalność utworów nadkładu karbonu w drugim rejonie hydrochemicznym wyróżnia się trzy podrejonu: łażisko – katowicki (2.1), sierszańsko – dąbrowski (2.2) i jaworznicko – tyski (2.3) (rys.1). W dwóch pierwszych podrejonach w bezpośrednim stropie karbonu występują utwory czwartorzędowe, w trzecim zaś – utwory czwartorzędu lub triasu, podrzędnie trzeciorzęd.

W ramach drugiego (II) zakrytego subregionu hydrogeologicznego wyznaczono 5 rejonów hydrochemicznych (rejonu 3 - 7). Pierwszy z nich, rejon gliwicko – knurowski (3), położony jest w NE części GZW, w ramach obszaru fałdowań utworów karbonu pod nadkładem trzeciorzędowym.

Granice obszaru 4 rejonu hydrochemicznego, położonego w rejonie niecki jejkowickiej i chwałowickiej, określa zasięg oddziaływania okna hydrogeologicznego w utworach trzeciorzędowych na środowisko hydrogeochemiczne.

Rejon hydrochemiczny 5 jest położony w zasięgu zapadliska rowu Zawady, w którego profilu geologicznym w utworach trzeciorzędowych występuje złoża soli, mineralizujące wody w utworach karbonu. Rejon ten nie jest zagospodarowany górnice.

Rejonu 6 i 7 położone są w zasięgu niecki głównej w warunkach przykrycia karbonu izolującymi utworami neogenu o zróżnicowanej miąższości. Jednakże w przypadku rejonu 6, położonego w północnej części niecki głównej, stopień izolacji lokalnie nie jest pełny. Natomiast w rejonie 7, obejmującym południową część niecki, ze względu na znaczne miąższości neogenu, dochodzące do 1100 m, izolacja karbonu produktywnego jest pełna.

4. Kształtowanie się mineralizacji wód kopalnianych w rejonach hydrochemicznych

Mineralizacja wód kopalnianych w hydrogeologicznie odkrytym subregionie I cechuje się znacznym zróżnicowaniem wartości od $0,3 \text{ g/dm}^3$ w kopalni „Siersza” do 210 g/dm^3 w kopalni „Sosnowiec”. Obie te kopalnie położone są w obrębie rejonu hydrochemicznego R 2.2. – sierszańsko – dąbrowskiego.

W subregionie tym dominują wody infiltracyjne, których mineralizacja waha się od $0,3 \text{ g/dm}^3$ do $8,7 \text{ g/dm}^3$ w kopalni „Halemba”; średnio ok. 3 g/dm^3 . Średnie mineralizacje wód infiltracyjnych w omawianym subregionie wahają się od $1,635 \text{ g/dm}^3$ w rejonie R 2.2. do $4,92 \text{ g/dm}^3$ w rejonie R 2.1. – łożysko – katowickim.

Głębokość występowania wód infiltracyjnych o niskiej mineralizacji obejmuje na ogół przedział do 400 m. Dominującym typem hydrochemicznym są tu wody wodorowęglanowo – siarczanowo – wapniowo – magnezowe. Zmienność mineralizacji wraz z głębokością jest opisywana funkcją logarytmiczną $-H = a \ln(M) - b$ z korelacją rzędu 0,5 - 0,6.

Wody mieszane i paleoinfiltracyjne występują rzadziej, niekiedy są to pojedyncze wystąpienia w obrębie rejonu. Średnia mineralizacja wód mieszanych waha się od $39,9 \text{ g/dm}^3$ w rejonie R 2.1. do $91,61 \text{ g/dm}^3$ w rejonie R 1. – bytomskim, przy czym ta ostatnia wartość ma charakter incydentalny. Wody paleoinfiltracyjne charakteryzuje mineralizacja od $79,9 \text{ g/dm}^3$ do $204,75 \text{ g/dm}^3$, średnio ok. $142,8 \text{ g/dm}^3$, przy czym zmienność średniej mineralizacji tych wód waha się od $114,85 \text{ g/dm}^3$ w rejonie R 2.3. – tysko-jaworznickim do $201,0 \text{ g/dm}^3$ w rejonie R 2.2. Zaznaczyć należy jednak, że jest to wartość nietypowa, na ogół nie przekraczają one wartości 200 g/dm^3 . Strop solanek występuje na głębokości 800 – 900 m.

W hydrogeologicznie zakrytym subregionie II mineralizacja wód kopalnianych wynosi od $0,31 \text{ g/dm}^3$ w kopalni „Jankowice” do $204,8 \text{ g/dm}^3$ w kopalni „Knurów”, średnio – ok. $102,5 \text{ g/dm}^3$. Jeszcze wyższą mineralizację – 212 g/dm^3 odnotowano w rejonie 5 – rowu Zawady, w sąsiedztwie złoża soli.

Niskie wartości mineralizacji spotyka się niemal wyłącznie w rejonie R 4. – niecki chwałowicko-jejkowickiej obejmującym okna hydrogeologiczne. W tym rejonie spotykane są wody infiltracyjne o mineralizacji nie przekraczającej kilku gramów na decymetr sześcienny, a więc podobne do wód I subregionu. W pozostałych rejonach wody tej grupy na ogół nie występują. Są to – znowu podobnie jak w I subregionie – wody wodorowęglanowo – siarczanowo – wapniowe.

Wody mieszane występują we wszystkich rejonach subregionu zakrytego, z reguły bezpośrednio pod trzeciorzędowym nadkładem. Mineralizacja ich waha się od $6,97 \text{ g/dm}^3$ w kopalni „Marcel” do $93,3 \text{ g/dm}^3$ w kopalni „Czczot”; średnio ok. $50,1 \text{ g/dm}^3$. Zróżnicowanie średnich mineralizacji wód tej grupy w poszczególnych rejonach nie jest duże: od ok. 39 g/dm^3 do ok. 53 g/dm^3 . Najwyższe wartości notowane są w rejonie R 6. – północnej części niecki głównej, najniższe w R 7. – południowej części niecki głównej. Są to głównie wody siarczanowo – wodorowęglanowo – chlorkowo – sodowe, siarczanowo – sodowe i chlorkowo – wodorowęglanowo – sodowe. Wody infiltracyjne i mieszane w opisywanym subregionie występują z reguły do głębokości 400 m, a tylko w rejonie 4. – okna hydrogeologicznego – głębiej do ok. 600 m.

Wody paleoinfiltracyjne niemal w całości stanowią stężone solanki, których mineralizacja wynosi od $34,5 \text{ g/dm}^3$ w kopalni „Morcinek” do 212 g/dm^3 . Średnie wartości mineralizacji wód tej grupy wynoszą ok. $123,2 \text{ g/dm}^3$. Najwyższe wartości osiągają wody rejonów sąsiadujących z rowem Zawady, a więc R 3. – gliwicko-knurowskim: $147,8 \text{ g/dm}^3$ i R 6.: $80,85 \text{ g/dm}^3$, najniższe występują w rejonie 7. – ok. 77 g/dm^3 . Solanki paleoinfiltracyjne występują poniżej 400 m, jest to więc o około 400 m płycej niż w I subregionie.

Postępująca restrukturyzacja górnictwa i związane z nią częściowe lub całkowite zatapianie kopalń prowadzą do radykalnych zmian opisywanego pola hydrogeochemicznego w utworach karbonu GZW.

Z przytoczonej charakterystyki hydrogeochemicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wynika, że zasadnicze znaczenie w kształtowaniu się mineralizacji wód odgrywa wykształcenie litologiczne i przepuszczalność nadkładu utworów karbonu produktywnego.

LITERATURA

1. Pluta I., Zuber A.: Origin of brines in the Upper Silesian Coal Basin (Poland) inferred from stable isotope and chemical data. „Applied Geochemistry”, vol. 10, 1995, p. 447-460.
2. Rogoż M., Posyłek E.: Problemy hydrogeologiczne w polskich kopalniach węgla kamiennego. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2000.
3. Rózkowski A.: Factors controlling groundwater conditions of the Carboniferous strata in the Upper Silesian Coal Basin, Poland. „Annales Societatis Geologorum Poloniae”, vol.64, 1995, p. 53-66.
4. Rózkowski A. [red]: Środowisko hydrogeologiczne karbonu produktywnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 2004.

5. Rózkowski A., Janusz M., Sołtysiak M.: Wody słodkie i słonawe w utworach karbonu produktywnego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW), [w:] Jakość i podatność wód podziemnych na zanieczyszczenie, Red.: H. Rubin, K. Rubin, A. Witkowski. Sosnowiec 2002, s.167 – 176.
6. Wilk Z. [red]: Hydrogeologia polskich złóż kopalin i problemy wodne górnictwa. T. 1, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo – Dydaktyczne AGH, Kraków 2004.
7. Wilk Z., Adamczyk A.F., Nałęcki T.: Wpływ działalności górnictwa na środowisko wodne w Polsce. CPBP 04.10., Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa 1990.

Recenzent: Prof. dr hab. Aleksandra Macioszczyk