

Andrzej RÓŻKOWSKI, Piotr SIWEK
Uniwersytet Śląski, Sosnowiec

CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE UJEMNĄ ANOMALIĘ HYDROCHEMICZNĄ W UTWORACH KARBONU PRODUKTYWNEGO W PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ CZĘŚCI GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Streszczenie. W zasięgu basenu węglowego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) występuje normalna strefowość hydrochemiczna zaburzona lokalnie obecnością anomalii hydrochemicznych. W pracy przedstawiono charakterystykę i warunki formowania się ujemnej anomalii hydrochemicznej występującej w NE części GZW wywołanej czynnikami geogenicznymi i górnictwem.

FACTORS CONTROLLING THE NEGATIVE HYDROCHEMICAL ANOMALY WITHIN THE PRODUCTIVE CARBONIFEROUS FORMATION IN THE NE PART OF THE UPPER SILESIA COAL BASIN

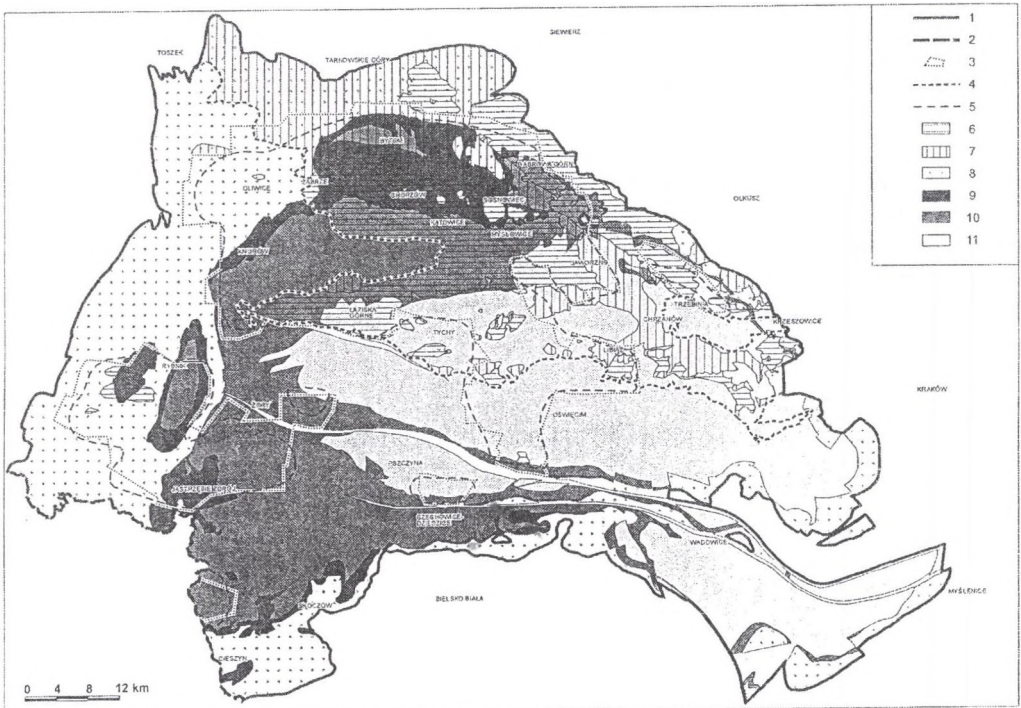
Summary. Within range of the USCIB the normal hydrochemical zonation exists, locally disturbed by hydrochemical anomalies. In the paper characteristics and forming conditions of the negative hydrochemical anomaly occurring in the NE part of the USCIB caused by geogenic and mining factors is presented.

1. Budowa geologiczna i ogólna charakterystyka hydrogeologiczna NE części GZW

W Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) zaobserwowano występowanie normalnej strefowości hydrochemicznej i hydrodynamicznej typowej dla basenów sedymentacyjnych [6]. Strefowość hydrochemiczna charakteryzuje się wzrostem mineralizacji i zmianami składu chemicznego wód podziemnych wzdłuż dróg ich krążenia. Charakterystyczny trend wzrostu

mineralizacji wód wraz z głębokością jest jednak w GZW zaburzony zarówno przez ujemne, jak i dodatnie anomalie hydrochemiczne. Są one wywołane czynnikami geogenicznymi lub antropogenicznymi [5]. W niniejszej pracy przedstawiono warunki kształtowania się ujemnej anomalii hydrochemicznej występującej w NE części GZW.

W zasięgu basenu GZW, posiadającego rangę regionu hydrogeologicznego, wydzielone zostały dwa subregiony: północno-wschodni (I) – hydrogeologicznie odkryty i południowo-zachodni (II) – hydrogeologicznie zakryty. Wspomniane subregiony charakteryzują się odmienną budową geologiczną i różnymi warunkami hydrogeologicznymi (rys. 1) [6].



1–Granica występowania karbonu górnego w GZW, 2–Granica państwa, 3–Granica obszarów górniczych czynnych i zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego, 4–Granice subregionów hydrogeologicznych, 5–Zasięg aktywnego drenażu górotworu wyrobiskami kopalń węgla, 6–Obszary występowania dobrze- i średnioprzepuszczalnych utworów czwartorzędu w stropie karbonu, 7–Obszary występowania kompleksu węglanowo-marglisto-ilastych utworów triasu dolnego i środkowego (o zróżnicowanej przepuszczalności) w stropie karbonu; Zasięg występowania serii litostratygraficznych: 8–serii paralicznej, 9–górnoląaska serii piaskowcowej, 10–serii mułowcowej, 11–krakowskiej serii piaskowcowej

Rys. 1. Przepuszczalność nadkładu karbonu produktywnego GZW [6]

Fig. 1. Permeability of the productive Carboniferous cover in the USCIB [6]

Subregion północno-wschodni (I), będący przedmiotem rozważań w niniejszym opracowaniu, obejmuje swym zasięgiem dwie alpejskie struktury tektoniczne: południowy fragment monokliny śląsko – krakowskiej oraz cokół platformy epiwaryscyjskiej (rys. 1).

W obrębie monokliny silnie wodonośne utwory triasu spoczywają bezpośrednio na utworach karbonu, lokalnie permu. Miejscami są przykryte wodonośnymi utworami jury, zaś na całej powierzchni swego występowania – wodonośnymi utworami czwartorzędu. Cokół platformy waryscyjskiej jest zbudowany z utworów karbonu górnego przykrytych bezpośrednio czwartorzędem.

Znajdujące się w subregionie północno-wschodnim (I) czwartorzędowe i mezozoiczne poziomy wodonośne są połączone hydraulicznie z karbońskimi poziomami wodonośnymi. Ze względu na elewacyjne położenie subregionu oraz występujące tu kontakty hydrauliczne między poziomami wodonośnymi nadkładu oraz karbonu produktywnego obszar ten należy uznać za naturalną, regionalną, strefę zasilania karbońskich poziomów wodonośnych w GZW [6]. Podstawę naturalnego drenażu wód podziemnych występujących w utworach nadkładu i karbonu produktywnego stanowiły pierwotnie doliny rzek: Przemszy, Czarnej Przemszy, Brynicy, Rawy, fragmentarycznie Dramy i Kłodnicy oraz drożne strefy dyslokacji. Aktualnie podstawę strefy drenażu karbońskich kompleksów wodonośnych stanowią przede wszystkim wyrobiska górnicze kopalń węgla, regionalne strefy dyslokacji oraz w niewielkim stopniu głęboko wcięte w podłoże doliny większych rzek.

2. Czynniki geogeniczne i antropogeniczne kształtujące ujemną anomalie hydrochemiczną

Anomalie ujemną występującą w I subregionie hydrogeologicznym, charakteryzującą się głębokim wysłodzeniem górotworu karbońskiego, kształtują czynniki geogeniczne i antropogeniczne.

Rozpatrując wpływ czynników geogenicznych na formowanie się wspomnianej anomalii należy przede wszystkim uwzględnić budowę geologiczno-strukturalną obszaru, a zwłaszcza występowanie przepuszczalnego nadkładu w stropie utworów karbonu. Tego typu układ warstw sprzyja intensywnej infiltracji wód w podłoże. W zasięgu cokołu platformy

epiwaryscyjskiej utwory karbonu są przykryte bezpośrednio silnie wodonośnymi piaskami czwartorzędu zasilającymi aktywnie kompleksy wodonośne karbonu. Natomiast więź hydrauliczna między silnie wodonośnymi poziomami triasu i poziomami karbonu w warunkach naturalnych jest utrudniona. Ma ona miejsce wzdłuż stref nieciągłości tektonicznych oraz sedymentacyjnych i erozyjnych wyklinowań i wymyć. Działalność górnicza kopalń rud i węgla udrożniła górotwór i stworzyła dodatkowe drogi przepływu wód, ułatwiające więź hydrauliczną między poziomami wodonośnymi.

W profilu hydrogeologicznym piętra wodonośnego karbonu produktywnego występują zespoły oddzielnych, izolowanych iłowcami, porowo-szczelinowych poziomów wodonośnych zbudowanych z piaskowców i zlepieńców. Poziomy te, o miąższościach od kilku do kilkudziesięciu metrów, są od siebie izolowane wkładkami nieprzepuszczalnych iłowców. W obszarach sedymentacyjnych wyklinowań warstw izolujących, w strefach uskokowych oraz w zasięgu obszarów eksploatacji górnicznej obserwuje się jednak łączność hydrauliczną między poszczególnymi poziomami wodonośnymi [6]. Naturalna przepuszczalność piaskowców i zlepieńców karbońskich w obszarze badań redukuje się z głębokością w granicach od 10^{-4} do 10^{-10} m/s.

Czynnikiem antropogenicznym wpływającym szczególnie aktywnie na kształtowanie się ujemnej anomalii hydrochemicznej w I subregionie hydrogeologicznym w utworach karbonu jest eksploatacja górnicza. Subregion I praktycznie na całym obszarze swego występowania znajduje się w zasięgu obszarów górnicznych i wpływu oddziaływania drenażu górniczego kopalń węgla kamiennego (rys. 1). Utwory karbonu produktywnego są aktywnie drenowane wyrobiskami górnicznymi do głębokości maksymalnie 1160 m. Aktualnie w I subregionie hydrogeologicznym znajduje się 39 obszarów górnicznych kopalń czynnych, zlikwidowanych i w likwidacji. Eksploatacja prowadzona jest niemal wyłącznie systemem ścianowym na zawał we wszystkich seriach litostratygraficznych karbonu górnego. Intensywny drenaż wód w kopalniach węgla kamiennego spowodował wytworzenie się rozległego leja depresji i obniżenie się ciśnień piezometrycznych w granicach 0,8 – 3,0 MPa na obszarze ok. 1100 km² (rys. 1). W zasięgu obszarów górnicznych górotwór jest osuszony do głębokości 150 – 300 m [3, 10].

Działalność górnicza prowadzi do przekształcenia naturalnego środowiska hydrogeologicznego. Proces ten wiąże się przede wszystkim z wtórnym udrożnieniem

ośrodka skalnego, zmianami układu pola hydrodynamicznego oraz przeobrażeniami środowiska hydrogeochemicznego.

Udrożnienie górotworu na skutek tworzenia się zawałów, spękań i odprężeń towarzyszących eksploatacji górniczej prowadzi do wzrostu zdolności ośrodka skalnego do przewodzenia i gromadzenia wód oraz powstania wtórnej więzi hydraulicznej między poziomami wodonośnymi.

Analizując problem wtórnego udrożnienia górotworu eksploatacją górniczą kopalni węgla kamiennego należy uwzględnić fakt, iż eksploatacja ta na skalę przemysłową kontynuuje się w zasięgu I subregionu od początku XVIII wieku [9]. Górotwór karboński w I subregionie hydrogeologicznym w zasięgu obszarów górniczych, ze względu na występującą w nim sieć wyrobisk górniczych i zrobów, stanowi skomplikowany i rozległy układ drenów, częściowo połączonych siecią spękań i szczelin poeksploatacyjnych [4]. Naturalna porowatość efektywna, międzyziarnowa i szczelinowa piaskowców karbońskich, będąca miarą zdolności do gromadzenia się wód w poziomach wodonośnych, mieści się w przedziale od 4 do 21% [6]. W zasięgu bezpośredniego wpływu eksploatacji górniczej pojemność wodna górotworu, będąca miarą objętości wyrobisk górniczych, zrobów i szczelin poeksploatacyjnych, może lokalnie wzrosnąć kilkakrotnie w stosunku do naturalnej porowatości górotworu [1, 4].

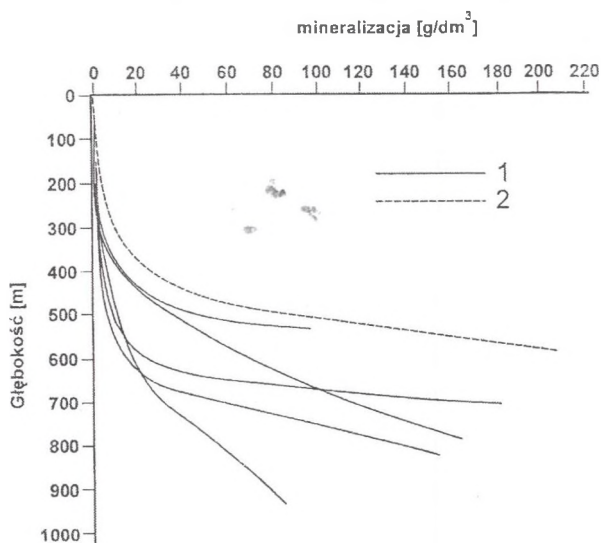
Zmiany układu pola hydrodynamicznego manifestują się ogólnym obniżeniem wartości ciśnień hydrostatycznych, uaktywnieniem i tworzeniem się nowych dróg przepływu, pogłębieniem strefy aktywnej i utrudnionej wymiany wód oraz zmianami położenia stref zasilania i drenażu.

Przeobrażenia środowiska hydrogeochemicznego w obszarach górniczych wiążą się z procesami fizyko-chemicznymi zachodzącymi między skałami i infiltrującymi wodami w warunkach pogłębionej strefy wymiany wód i procesami mieszania się wód w warunkach formowania się więzi hydraulicznej między izolowanymi uprzednio poziomami wodonośnymi. Istotne znaczenie posiada również proces przesączania się zanieczyszczonych wód z powierzchniowych ognisk zanieczyszczeń do górotworu karbońskiego, jak i rozptyw zanieczyszczeń ze składowanych w wyrobiskach górniczych odpadów.

3. Charakterystyka anomalii hydrochemicznej w utworach karbonu produktywnego

Ujemna anomalia hydrochemiczna występująca w utworach karbonu w I subregionie hydrogeologicznym GZW posiada powierzchnię ok. 1360 km² i głębokość dochodzącą lokalnie do ok. 660 m. Obejmuje swym zasięgiem waryscyjskie struktury: siodła głównego, niecki bytomskiej, NE fragment fałdowo-blokowej struktury zagłębienia oraz północny skłon niecki głównej (rys. 1). Utwory karbonu górnego w jej zasięgu osiągają miąższości w granicach 1700 – 3500 m. Na całym obszarze swego występowania znajdują się one w zasięgu obszarów górniczych kopalń węgla kamiennego i wpływu oddziaływania eksploatacji górniczej i drenażu górniczego (rys. 1).

Obszar występowania ujemnej anomalii określono śledząc pogłębienie strefy infiltracji i mieszania się wód w górotworze karbońskim (rys. 2). Brano przy tym pod uwagę wartości gradientów mineralizacji wód oraz skład chemiczny, fizyczny i izotopowy wód podziemnych piętra wodonośnego karbonu z uwzględnieniem naturalnego tła hydrochemicznego.



1–Warunki naturalne, 2–W warunkach drenażu górniczego kopalń węgla

Rys. 2. Zmienność mineralizacji wód wraz z głębokością w obszarze anomalii hydrogeologicznej [6]

Fig. 2. Variability of the groundwater mineralization with the depth in area of the hydrochemical anomaly [6]

Szczególnie cenne były wyniki badań izotopów trwałych, które umożliwiły ocenę wieku i genezy wód. Na podstawie wyników tych badań oraz wskaźników hydrochemicznych określono zasięg strefy współczesnych wód infiltracyjnych, wód mieszanych-współczesnych infiltracyjnych i paleoinfiltracyjnych oraz stagnujących wód paleoinfiltracyjnych (tabl. 1).

W celu pełniejszego udokumentowania rozwoju procesu wysładzania wód podziemnych śledzono również rozwój eksploatacji górniczej oraz wynikający z niej wzrost efektywnej infiltracji wód opadowych w górotwór karboński. Metody rozpoznawania środowiska hydrogeochemicznego piętra wodonośnego karbonu w GZW, w tym również obszaru opisywanej anomalii hydrochemicznej, przedstawiono szerzej w oddzielnych opracowaniach autorów [6, 7, 8].

Przeprowadzone badania wykazały jednoznacznie, iż intensywne zasilanie poziomów wodonośnych karbonu przez wody infiltracyjne oraz głęboki drenaż górniczy wpłynęły w sposób zasadniczy na wysłodzenie wód i głębokość zasięgu strefy infiltracji oraz mieszania się wód w rejonie anomalii hydrochemicznej. Zjawisko to przedstawia wyraźnie rys. 2, ilustrujący zmiany mineralizacji wód podziemnych z głębokością w obszarze badań w warunkach naturalnych i drenażu górniczego.

Głęboki drenaż górniczy oraz udrożnienie górotworu eksploatacją górniczą powodują wzrost intensywności zasilania efektywnego poziomów wodonośnych karbonu prowadzące do wysłodzenia środowiska hydrogeologicznego. Badania J. Kowalskiego [2] prowadzone w zasięgu I subregionu hydrogeologicznego wykazały, iż wartości modułu odpływu podziemnego na obszarze nie zagospodarowanym górniczo kształtują się w granicach 2,5 – 3,0 l/s/km², podczas gdy w zasięgu obszarów górniczych ich wartości mieszczą się w przedziale 4 – 5 l/s/km². Strefowość hydrochemiczną obserwowaną w profilu pionowym opisywanej anomalii oraz charakterystykę hydrochemiczną poszczególnych jej stref ilustruje tablica 1. Należy podkreślić, iż przedstawiona strefowość hydrochemiczna znajduje potwierdzenie w wynikach badań izotopowych oraz wartościach zamieszczonych wskaźników hydrochemicznych. W strefie wód infiltracyjnych i mieszanych występują wody wielojonowe. Solanki zanotowano w spągu strefy mieszania się wód i w strefie występowania wód paleoinfiltracyjnych – w strefie stagnacji hydrodynamicznej.

Tablica 1

Zestawienie uśrednionych wartości median wybranych parametrów chemicznych wód kopalnianych w zasięgu anomalii hydrochemicznej

Głębokość [m p.p.t.]	Mineralizacja [g/dm ³]	$\frac{rNa^+}{rCl^-}$	$\frac{rSO_4^{2-} \cdot 100}{rCl^-}$	$\frac{rSO_4^{2-} + rHCO_3^-}{rCl^-}$	$\frac{rMg^{2+} + rCa^{2+}}{rNa^+}$	Dominujące typy chemiczne wód	Strefa hydrochemiczna
0,0–200	0,87–1,67	0,61–1,68	245,79–567,85	5,18–14,93	2,34–22,55	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg, SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg, SO ₄ -Cl-HCO ₃ -Na, Cl-HCO ₃ -SO ₄ -Na, Cl-HCO ₃ -Na, HCO ₃ -Ca-Mg, SO ₄ -Ca	I
200–400	1,17–2,21	0,78–2,42	231,94–722,1	4,97–15,91	2,25–14,93	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg, SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg, SO ₄ -Ca-Mg, SO ₄ -Cl-Na, HCO ₃ -Ca-Mg, SO ₄ -Ca, Cl-SO ₄ -Na, Cl-HCO ₃ -Na,	I
400–600	2,04–34,32	0,91–2,3	45,41–204,06	1,54–5,72	0,17–0,58	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg, SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg, SO ₄ -Cl-Na, Cl-SO ₄ -Na, Cl-Na	I+M
600–800	25,85–113,76	0,84–1,21	0,64–24,2	0,02–0,64	0,15–0,027	SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Mg, Cl-HCO ₃ -SO ₄ -Na, Cl-SO ₄ -HCO ₃ -Na, SO ₄ -HCO ₃ -Na, Cl-SO ₄ -Na, Cl-Na	M+P
800–1000	68–203,97	0,87–0,95	0,92–9,17	0,01–0,12	0,08–0,26	Cl-Na	P

Objaśnienia: strefy wód: I – infiltracyjnych, M – mieszanych, P – paleoinfiltracyjnych

Przeprowadzone badania wskazują na przebiegające dynamicznie zmiany warunków formowania się ujemnej anomalii hydrochemicznej w I subregionie hydrogeologicznym. Jej kształt i rozmiary są uzależnione od zmiennych w czasie głębokości i rozmiaru prowadzonej eksploatacji górniczej oraz intensywności drenażu górniczego (tabl. 2). Jest to szczególnie istotne w okresie prowadzonej restrukturyzacji górnictwa w GZW.

Tablica 2

Zmiany zawodnienia kopalń węgla kamiennego w północno-wschodniej części GZW
w pięćdziesięcioleciu 1957–2006

Wskaźnik	1957	1996	2006
Średnia głębokość najgłębszych poziomów eksploatacyjnych [m]	461	648	588
Całkowity dopływ do kopalń [m ³ /min]	7,5	13,1	12,1

BIBLIOGRAFIA

1. Bukowski P.: Chłonność wodna górotworu karbońskiego i jej wpływ na przebieg zatapiania likwidowanych kopalń. Archiwum Głównego Instytutu Górnictwa, s. 148, Katowice 1999.
2. Kowalski J.: Mapa odpływu podziemnego zlewni górnej Wisły. Archiwum Zakładu Hydrogeologii AGH. Kraków 1993.
3. Rogoż M.: Depresja swobodnego zwierciadła i rozkład ciśnień wody w górotworze drenowanym przez podziemne wyrobiska górnicze. Główny Instytut Górnictwa, s. 14, Katowice 1970.
4. Rogoż M., Posyłek E.: Problemy hydrogeologiczne w polskich kopalniach węgla kamiennego. Główny Instytut Górnictwa, s.402, Katowice 2000.
5. Rózkowski A.: Anomalie hydrochemiczne piętra wodonośnego karbonu produktywnego [w:] „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, s. Górnictwo, z. 248, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, s.187 – 195, Gliwice 2001.
6. Rózkowski A. (red.): Środowisko hydrogeochemiczne karbonu produktywnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 174, Katowice 2004.
7. Rózkowski A., Janusz M., Sołtysiak M.: Wody słodkie i słonawe w utworach karbonu produktywnego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym [w:] Jakość i podatność wód podziemnych na zanieczyszczenia. Red. H.Rubin, K. Rubin, A. Witkowski. Uniwersytet Śląski, s. 167 – 176, Sosnowiec 2002.
8. Siwek P., Rózkowski A.: Metody rozpoznawania środowiska hydrogeochemicznego piętra wodonośnego karbonu górnego [w:] Środowisko hydrogeochemiczne karbonu produktywnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Red. A. Rózkowski. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 45 – 53, Katowice 2004.
9. Wilk Z. (red.): Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa. T.1. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, s.611, Kraków 2003.
10. Wilk Z., Adamczyk A. F., Nałęcki T.: Wpływ działalności górnictwa na środowisko wodne w Polsce. Wydawnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego-Akademia Rolnicza, s. 220, Warszawa 1990.

Recenzent: Dr hab. inż. Wojciech Ciężkowski
Profesor Politechniki Wrocławskiej