

Konrad MIOTLIŃSKI, Piotr SIWEK  
*Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi*  
41-200 Sosnowiec, ul. Będzińska 60

## TŁO BROMKOWE I JODKOWE PIĘTRA WODONOŚNEGO KARBONU POŁUDNIOWEJ CZĘŚCI GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

**Streszczenie.** Podwyższone stężenia bromu i jodu są charakterystyczne dla południowej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Zróżnicowanie stężeń tych jonów determinowane jest przykryciem utworów karbonu słaboprzepuszczalnymi osadami trzeciorzędu. Ujemne anomalie stężeń jonów bromkowego i jodkowego pokrywają się z obszarami wzmożonej infiltracji opadów oraz intensywnego drenażu górnictwa węglowego. Dodatnie anomalie są charakterystyczne dla terenów o dużej miąższości izolującej pokryw trzeciorzędowej.

## THE BROMIDE AND IODIDE IONS BACKGROUND OF THE CARBONIFEROUS FORMATION IN THE SOUTHERN PART OF THE UPPER SILESIAN COAL BASIN

**Summary.** The general increase of the concentrations of the bromine and iodine is particularly apparent in the southern part of the Upper Silesian Coal Basin. The internal diversifications are caused by the cover of the impermeable Tertiary sediments. The negative anomalies of the bromide and iodide ions concentrations are due to the infiltration of the meteoric waters and the intensive drainage of the coal mining. The positive ones are characteristic of the thick Tertiary overburden.

### Wstęp

Artykuł powstał na podstawie wyników 791 analiz chemicznych wód kopalnianych zebranych bezpośrednio przez autorów w kopalniach węgla kamiennego [4], jak również uzyskanych z Projektu Badawczego nr 8T12B03321 Politechniki Śląskiej [6].

Badaniami objęto wody kopalniane piętra wodonośnego karbonu produktywnego południowej części Zagłębia, w których zaobserwowano podwyższoną ilość bromu i jodu [5].

Głębokość opróbowania wód sięga maksymalnie do 1240 metrów. Obszar objęty badaniami przedstawiono na szkicu (rys.1).

### Geologiczno-hydrogeologiczna charakterystyka obszaru badań

Górnośląskie Zagłębie Węglowe położone jest w zasięgu bloku górnośląskiego. W profilu karbonu górnego GZW wydzielone są 4 serie litostratygraficzne: paraliczna, górnośląska piaskowcowa, mułowcowa oraz krakowska piaskowcowa, z których wody

zostały zbadane. Wspomniane serie zbudowane są z piaskowców, mułowców i ilowców z pokładami węgla kamiennego. W stropie karbonu północnej części GZW występują przepuszczalne utwory mezozoiczne i kenozoiczne, natomiast w południowej części zagłębia praktycznie nieprzepuszczalne osady trzeciorzędu. Eksploatacja karbońskich złóż węgla kamiennego sięga do głębokości około 1300 metrów.

Uwzględniając zróżnicowaną budowę geologiczną, głębokość eksploatacji górniczej oraz zróżnicowanie stężeń bromu i jodu w wodach, obszar południowej części GZW podzielono na 4 części: zachodnią, centralną, wschodnią i położoną w skrajnie wschodniej części obszaru badań KWK „Janina” (rys.1).



Rys. 1. Szkic sytuacyjny obszaru badań na tle Górnośląskiego Zagłębia Węglowego:

1 – granice obszaru badań; obszary górnicze kopalń węgla kamiennego: 2 – rejonu zachodniego, 3 – rejonu centralnego, 4 – rejonu wschodniego, 5 – kopalni „Janina”; 6 – granice GZW; 7 – północna granica zasięgu trzeciorzędu (wg A. Różkowskiego [10]); 8 – granica państwa

Fig. 1. Location plan of the research area against the background of the Upper Silesian Coal Basin:

1 – border lines of the research area; 2 – mining areas of the coal mines: 2 – the western area, 3 – the central area, 4 – the eastern area, 5 – the Janina Mine area; 6 – borders of the Upper Silesian Coal Basin; 7 – the northern border line of the range of Tertiary (from A. Różkowski [10]); 8 – border line of the country frontier

Mineralizacja ogólna wód kopalnianych w południowej części GZW waha się w zakresie od 0,13 do ponad 315 g/dm<sup>3</sup> (tab.1), z ogólnym trendem wzrostu z głębokością. Wody o najniższej mineralizacji opróbowano w KWK „Janina”, co jest związane jednak z niewielką głębokością pobrania prób (do 410 metrów), zaś najwyższej zmineralizowane w KWK „Ziemowit” na głębokości około 850 metrów.

Występowaniem bromu i jodu wód piętra wodonośnego karbonu GZW zajmowali się Rosłoński [8], Konior [1], Pałys [5] oraz Różkowski i in. [11]. Przyjmuje się, że podwyższone koncentracje badanych pierwiastków w korelacji ze stężeniem chloru należy wiązać z ługowaniem substancji organicznej w skałach karbońskich [5, 11]. Do dodatkowego

wzbogacenia wód w brom i jod może również dochodzić na skutek infiltracji reliktowych wód trzeciorzędowych w podłoże karbońskie, co już przed laty sygnalizowali Michael [3] oraz Rosłoński [8] i co współcześnie potwierdzają badania izotopowe [7, 9]. W rejonie złoza soli rowu Zawady możliwy jest lateralny przepływ wód trzeciorzędowych, dodatkowo pogłębiany konwekcją stężeniową. Izolacyjny charakter pokrywy trzeciorzędowej powoduje ponadto, że piętro wodonośne karbonu znajduje się w strefie utrudnionej wymiany i stagnacji hydrogeochemicznej.

Tabela 1  
Zestawienie parametrów statystycznych dotyczących mineralizacji [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]

	CAŁOŚĆ	Zachód	Centrum	Wschód	KWK „Janina”
<b>Populacja</b>	791	443	169	158	19
<b>Minimum</b>	130	130	146,52	1250,00	288,1
<b>Maksimum</b>	315537	207190	108256	315537	11976
<b>Srednia</b>	48907	52419,1	27036,49	69612,5	2800,8
<b>Mediana</b>	44900	51696	20761	63950	1139
<b>Odchylenie standardowe</b>	39607,3	35895,5	26294,7	47313,8	3735,4
<b>Wariancja</b>	$1,57 \cdot 10^9$	$1,29 \cdot 10^9$	$6,91 \cdot 10^8$	$2,24 \cdot 10^9$	$1,39 \cdot 10^7$
<b>Max. głębokość opróbowania</b>	1240 m	1240 m	1200 m	900 m	410 m

## Metodyka szacowania tła

Do określenia tła bromkowego i jodkowego posłużono się metodą graficzną zaproponowaną przez A. Macioszczyk [2]. Spośród wielu metod graficznych zastosowano wykresy kumulacyjne. Dla całości obszaru badań wykonano wykresy, na których stężenia bromu i jodu przedstawione zostały w skali logarytmicznej. Z uwagi na fakt, że stężenia obu pierwiastków są zróżnicowane w obrębie południowej części GZW, wydzielono 4 subpopulacje, dla których tło zostało określone osobno. Podzielenie obszaru pozwoliło na zauważenie różnic dominujących stężeń w poszczególnych subpopulacjach oraz ze względu na nierównomierne opróbowanie, uniknięcie zafałszowania wyników poprzez zdominowanie całości badanego terenu przez gęściej opróbowane obszary.

## Tło bromkowe południowej części GZW

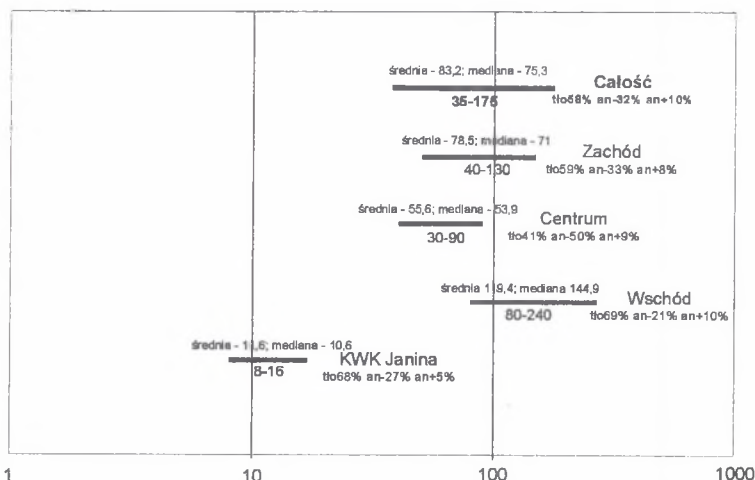
Zawartość bromu badana była w 789 analizach fizykochemicznych. Jego stężenie waha się w szerokim zakresie od 0,04 do  $800 \text{ mg}/\text{dm}^3$ , przy generalnym wzroście wraz z głębokością. Największym stężeniem tego pierwiastka charakteryzują się solanki typu Cl-Na i Cl-Na-Ca, typowe dla stref utrudnionej wymiany i stagnacji hydrogeochemicznej.

Dla całości obszaru badań oraz dla poszczególnych rejonów (tab.2) określono tło (rys.2). Anomalie niskich stężeń bromu dotyczą płytkiej eksploatacji KWK „Janina”. Anomalie dodatnie wiążą się ze wschodnim rejonem (rys.1), gdzie pokrywa trzeciorzędowa jest miększa, i gdzie opróbowano wody krakowskiej serii piaskowcowej, która według Pałysa [5] oraz Rózkowskiego i in. [11] jest szczególnie bogata w materię organiczną.

Tabela 2

Zestawienie parametrów statystycznych dotyczących stężenia bromu [ $\text{mgBr}^-\text{/dm}^3$ ]

		CAŁOSC	Zachód	Centrum	Wschód	KWK Janina
Stężenie Br [ $\text{mg/dm}^3$ ]	Populacja	789	443	168	158	19
	Minimum	0,1	0,1	0,04	0,19	0,65
	Maksimum	800	483,7	335	800	23,35
	Srednia	78,41	69,87	47,68	124,54	10,16
	Mediana	57,50	55	32,33	126,1	10,25
	Odch. stand.	77,3	60,9	60,6	97,1	5,4
	Wariancja	5972,5	3710,28	3671,56	9434	29,2
Wartość wskaźnika Cl-Br	Populacja	789	443	168	158	19
	Minimum	0,45	6,08	2	25,11	0,45
	Maksimum	75685,28	4416	75685,28	48426,32	548,15
	Srednia	841,21	498,56	2048,8	633,02	123,83
	Mediana	335,73	447,48	224,71	294,35	25,75
	Odch. stand.	4348,9	347,7	8528,5	3836,2	177,4
	Wariancja	18913152	120915,6	$7,27 \cdot 10^7$	14716656	31481,2



Rys. 2. Tło hydrogeochemiczne bromu [ $\text{mg/dm}^3$ ] (% ogółu oznaczeń: tło, an- wartości anomalnie ujemne, an+ wartości anomalnie dodatnie)

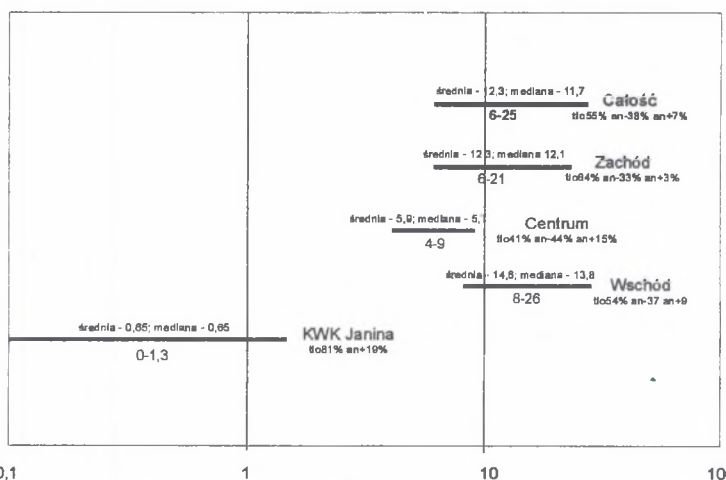
Fig. 2. Hydrogeochemical background of bromine [ $\text{mg/dm}^3$ ] (percentage of the total results: background, an- the negative anomalies, an+ the positive anomalies)

## Tło jodkowe południowej części GZW

Stężenie jodu oznaczane było w 762 analizach. Jod w wodach piętra karbońskiego występuje w zakresie od 0,01 do 140,2  $\text{mg/dm}^3$ . Podwyższone stężenia (pow. 1  $\text{mgJ}^-\text{/dm}^3$ ) tego pierwiastka typowe są dla wód typu Cl-Na i Cl-Na-Ca.

Tabela 3  
Zestawienie parametrów statystycznych dotyczących stężenia jodu [ $\text{mgJ}/\text{dm}^3$ ]

		CAŁOSC	Zachód	Centrum	Wschód	KWK „Janina”
Stężenie J [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]	Populacja	762	441	146	158	16
	Minimum	0,01	0,01	0,04	0,4	0,25
	Maksimum	140,2	86,9	140,2	140,2	6,12
	Srednia	10,66	11,04	7,64	14,15	1,34
	Mediana	8,08	8,95	4,23	10,45	0,8
	Odch. stand.	12,0	10,5	14,4	16,6	1,6
	Wariancja	144,6	110,4	208,4	274	2,4
Wartość wskaźnika Ci-J	Populacja	762	441	146	158	16
	Minimum	6,45	51,22	10,50	174,32	6,45
	Maksimum	167333,3	167333,3	37066,59	24467,45	6347,62
	Srednia	4920,32	5407,64	4512,74	4361,13	904,94
	Mediana	2957,64	2876,57	2841,60	3668,54	290,1
	Odch. stand.	11915,7	15244,1	5433,2	3278,9	1666,2
	Wariancja	$1,42 \cdot 10^8$	$2,32 \cdot 10^8$	29519517	10751067	2776361



Rys. 3. Tło hydrogeochemiczne jodu [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ] (% ogółu oznaczeń: tło, an- wartości anomalnie ujemne, an+ wartości anomalnie dodatnie)

Fig. 3. Hydrogeochemical background of iodine [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ] (percentage of the total results: background, an- the negative anomalies, an+the positive anomalies)

Po obliczeniu podstawowych parametrów statystycznych dotyczących stężeń jodu (tab.3) oszacowano tło dla całości obszaru i poszczególnych rejonów (rys.3). Do anomalii ujemnych wliczono obszar kopalni „Janina” oraz częściowo rejon centralny. Anomalie wysokich stężeń związane są z rejonem wschodnim.

Anomalie niskich stężeń wiążą się zarówno z czynnikiem geologicznym, jak i antropogenicznym. W południowej części GZW izolujący nadkład trzeciorzędu powoduje, że stężenie jodu jest zdecydowanie wyższe, niż w części północnej odkrytej hydrogeologicznie [11]. Podobnie jak w przypadku bromu, anomalnie niskie stężenia jodu związane są z wysłodzeniem wód na skutek infiltracji wód atmosferycznych oraz pogłębionym drenażem górnym.

## Wnioski

Piętro wodonośne karbonu górnego południowej części GZW charakteryzuje się występowaniem wód bogatych w brom i jod. Analiza tła bromkowego i jodkowego w głębokościowym interwale działalności górnictwa dowiodła występowania na tym obszarze anomalii geogenicznych i antropogenicznych wzbudzonych konwekcyjnie oraz poligenetycznych stanowiących kombinację obydwu. Anomalie niskich stężeń obu pierwiastków są spowodowane wysłodzeniem wód wskutek braku izolującego trzeciorzędowego nadkładu tudzież intensywną eksploatacją węgla kamiennego. Anomalie wysokich stężeń pokrywają się ze strefami występowania wód reliktowych i warunkami stagnacji hydrodynamicznej oraz z rejonami nagromadzeń materii organicznej bogatej w brom i jod. Istotne, do końca nie wyjaśnione znaczenie mają nagromadzenia materii organicznej bogate w brom i jod.

*Autorzy pragną złożyć szczególne podziękowania Panu Profesorowi Andrzejowi Rózkowskiemu za owocne dyskusje oraz Panu Doktorowi Krzysztofowi Labusowi za udostępnienie analiz wód.*

## LITERATURA

1. Konior K.: Les eaux minerales recemment decouvertes dans les environs de Goczałkowice. Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. Sci Geol. Geogr. 6 (11), 1958.
2. Macioszczyk A.: Tło i anomalie hydrogeochemiczne. Metody badania, oceny i interpretacji, CPBP 04.10, SGGW-AR, Warszawa 1990.
3. Michael R.: Über Stiensalz und Sole in Oberschlesien. Jb. Preuss. Geol. Landesanst. 1, 1913.
4. Miotliński K.: Występowanie wód potencjalnie leczniczych w utworach karbonu górnego południowej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, Praca magisterska, Arch. Katedry Hydrog. i Geol. Inż. UŚ, 2002.
5. Pałys J.: Występowanie potasu i innych mikropierwiastków w solankach karbonu GZW, Arch. PiG, Sosnowiec 1967.
6. Projekt badawczy nr 8T12B0332: Wpływ zmian drenażu górniczego na chemizm potencjalnie leczniczych wód mineralnych w południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Kierownik: K. Labus, (w druku).
7. Pluta I., Zuber A.: Origin of brines in the Upper Silesian Coal Basin inferred from stable isotope and chemical data. Applied Geochemistry. Vol. 10, 1995.
8. Rosłoński R.: Słone wody Goczałkowic i Jastrzębia. Pos. Nauk. PiG. Warszawa 1933.
9. Rózkowski A.: Przyrodniczy model hydrogeologiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, W: Współczesne problemy hydrogeologii t. 10, str. 79-88, Wyd. UW, Wrocław 2001.
10. Rózkowski A.: Chemizm wód podziemnych w utworach karbonu produktywnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, (w druku) 2003.
11. Rózkowski i in.: Wody mineralne potencjalnie lecznicze w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym, Prace Naukowe UŚ nr 715, Geologia t. 8, UŚ, Katowice 1985.

Recenzent: Dr hab.inż. Marek Pozzi  
Profesor Politechniki Śląskiej

**Abstract**

The diversification of bromide and iodide ions concentrations in the Carboniferous formation of the Upper Silesian Coal Basin is caused by both geogenic and anthropogenic factors. This is particularly apparent in the southern part of the said basin in which Carboniferous rocks lie under the cover of the weakly permeable Tertiary sediments. The content of bromide ion oscillates from 0.04 to 800 mg/dm<sup>3</sup>, whereas that iodine ion from 0.01 to 140.2 mg/dm<sup>3</sup>. On the basis of the 791 available specimens embracing the chemical analysis results of the waters taken from the excavations of the hard coal mines and during the prospecting drillings, the spacial alterations of bromine and iodide concentrations have been defined. There was also analysed spatial distribution of hydrochemical indices – the chloride-bromide index and chloride-iodide index. The conclusions characterising the hydrogeochemical background and the anomalies have allowed for broadening the hitherto knowledge relating to the occurrence of these elements. The positive anomalies of bromine and iodine concentration indicate that Carboniferous formation is being recharged by Tertiary, which supports the results of isotope examinations. The negative anomalies of the studied elements may be a result of the updated infiltrating waters, which may be additionally caused by the alternations of natural hydrodynamic regime evoked by the discharge of hard coal mining.