

## Bar w węglach kamiennych Górnego Śląska

Anna Rózkowska\*, Barbara Ptak\*

Bar należy do typowych pierwiastków litofilnych. Jego częstość w skorupie ziemskiej wynosi 240 g/t. W środowiskach hipergenicnych zostaje łatwo uruchamiany, ale jego migracja nie jest daleka, ponieważ ulega wytrącaniu, w postaci trudno rozpuszczalnych związków (siarczanów i węglanów). Jest również silnie sorbowany przez utwory ilaste, konkrecje manganowe i związki siarki — podlega bioakumulacji [8].

Przeciętna zawartość baru w popiołach węgla kamiennych świata wynosi  $930 \pm 150$  g/t, w węglach zaś  $130 \pm 19$  g/t, przy czym występuje duże, czasem kilkukrotne zróżnicowanie regionalne [7]. Wzbogacenie węgla w bar może nastąpić zarówno w sedymentogenezie, jak i w epigenezie (z sedymentacyjnych solanek chlorkowych).

Basen górnośląski należy do basenów o dosyć wysokiej koncentracji baru. Gruszczuk [5] opisuje mineralizację barytową, stwierdzoną przez Bocheńskiego, w jednej ze stref tektonicznych, w obrębie złoża węgla kamiennego kopalni Łaziska. Baryt tworzył tam żyły o grubości do kilkunastu centymetrów, o charakterystycznym wykształceniu druzowym. Substancja barytowa była ciemna, niemal czarna. Sporadyczne występowanie barytu sygnalizowane było również z innych kopalń GZW. Według Harańczyka i Szostka [6] próbki barytu z kopalni Sobieski i Janina, ze względu na niewielką zawartość strontu (poniżej 1% Sr) wybitnie różnią się od barytu ze śląsko-krakowskich złóż rud cynku i ołowiu. Autorzy wnioskują, iż może to być baryt typu sekrecji lateralnych, powstały przez przemieszczenie oboczne baru ze skał karbonu produktywnego. Przemawia za tym również nieobecność paragenetycznych Zn i Pb i struktura, świadcząca o spokojnej krystalizacji z roztworów rozcieńczonych. Mielecki i in. [9] stwierdzają, w popiele węgla z pokładu 404 z kopalni Makoszowy, zawartość 10,3% BaO. Według danych Laboratorium Katowickiego Przedsiębiorstwa Geologicznego (KPG), w wielu popiołach węgla, z rejonu Mikołowa, stwierdzono obecność BaO ok. 1%, do ponad 2% (otwory wiertnicze Mikołów 1, 4, 7, 8, 9). Bouska [1] cytuje dane Kesslera dla zagłębia ostrawsko-karwińskiego, według których przeciętna koncentracja baru w popiele węglowym wynosi 860–2800 g/t. Według Cebulaka [2] przeciętna zawartość baru w popiołach węgla górnośląskich wynosi 1340 g/t, w węglach 112 g/t. Rózkowska [11] określiła przeciętną zawartość baru w popiołach węgla górnośląskich (1198 próbek) na 1700 g/t, w węglach 198 g/t. Stwierdziła występowanie wielu wzbogaceń w bar, dochodzących do 46 600 g/t popiołu (otwór wiertniczy Wyr IG1). Analiza rentgenostrukturalna, wykonana dla kilku wysokobarowych próbek popiołów, wykazała obecność barytu (obok gipsu, pirytu, illitu, dolomitu, hematytu). Średnie odchylenie standardowe dla badanego zbioru przewyższa wartość średniej arytmetycznej (1,2 raza), wskazując na epigenetyczne pochodzenie wysokich koncentracji baru [3]. Współczynnik korelacji z zapożyczeniem węgla wynosi 0,265.

W niektórych wodach z kopalń GZW stwierdza się obecność baru. Tomza i in. [12] wyodrębniają dwa typy wód różniące się zawartością radu i baru: wody beziarczanowe lub z bardzo małą zawartością siarczanów, lecz zawierające jony  $Ba^{2+}$  i wyższe stężenia izotopu  $^{226}Ra$  oraz wody nie zawierające jonów  $Ba^{2+}$ , lecz zawierające dość znaczne ilości jonów  $SO_4^{2-}$  i niższe stężenia izotopów  $^{226}Ra$ . Z badań Pluty [10] wynika, iż wody kopalniane, zawierające jony baru ok. 200 do ponad 1000 mg/l najczęściej występują w SW części zagłębia (w rejonie Rybnika). W SE części zagłębia natomiast, brak baru w wodach kopalnianych według Grabowskiej i Sowy [4] uniemożliwia wytrącenie się radu, w postaci siarczanu radobarowego. Jest to jedna z przyczyn wysokiej zawartości radu w wodach kopalnianych z tego rejonu.

### Ocena i opracowanie materiału analitycznego

Część materiału analitycznego stanowiło 1198 oznaczeń zawartości baru w popiołach węgla, z 28 otworów wiertniczych (w tym 23 otworów PIG oraz 5 otworów KPG), wykonanych w latach 1975–1988. Oznaczenia ilościowe zostały wykonane metodą fluorescencji rentgenowskiej w OG PIG. W stosunku do 30 analiz kontrolnych wykonanych w 1992 r., w Centralnym Laboratorium PIG w Warszawie metodą rentgenofluorescencyjną, uzyskano współczynnik korelacji 0,99 oraz pozytywny wynik testu średnich dwóch zbiorów testowanych statystyką  $t$  (poziom istotności 0,83).

Podstawowy zbiór danych stanowiły półilościowe analizy, wykonane metodą spektrografii emisyjnej w Laboratorium KPG, w latach 70. i 80. Obejmują one 14 310 oznaczeń zawartości baru w popiołach węglowych (z pominięciem łupków węglowych) z 559 otworów wiertniczych. Dolna granica oznaczalności wynosi 100 g/t, górna zaś 5000 g/t. Według danych Rózkowskiej [11] koncentracja baru w popiele węglowym wyższa od 5000 g/t dotyczy 5,4% wyników, sięga jednak aż 46 600 g/t. Test średnich dwóch zbiorów ( $t$ ), zastosowany do wyników równoległej analizy próbek popiołów z 5 otworów wiertniczych, wykonanych w KPG i OG PIG był pozytywny w 4 przypadkach i negatywny w 1 przypadku.

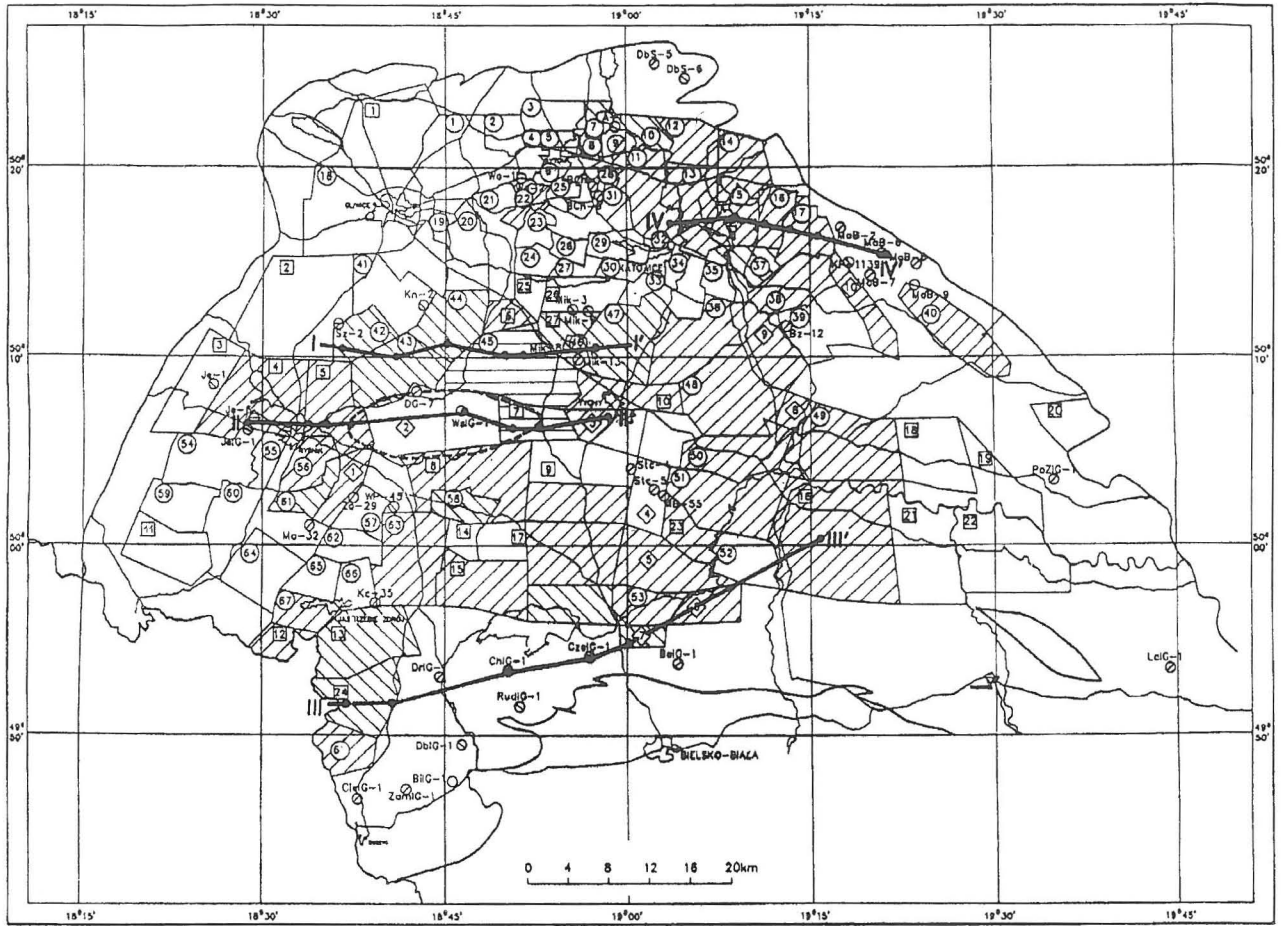
Na podstawie posiadanego materiału, obliczono przeciętną koncentrację baru w węglach górnośląskich i ich popiołach dla całego zbioru i poszczególnych serii litostratygraficznych karbonu produktywnego: krakowskiej serii piaskowcowej (KSP), serii mułowcowej (SM), górnośląskiej serii piaskowcowej (GSP) i serii paralicznej (SP) (tab. 1), jak również dla rejonów i obszarów gómiczych (ryc. 1).

### Występowanie baru w węglach Górnego Śląska

Przeciętna zawartość baru w węglach górnośląskich (średnia arytmetyczna 271 g/t, średnia geometryczna 176 g/t) jest wyższa od przeciętnej dla węgla świata ( $130 \pm 19$  g/t). W obrębie GZW wykazuje duże zróżnicowanie, zarówno pomiędzy seriami litostratygraficznymi karbonu, jak i w obrębie serii. Wysoka koncentracja baru w węglu jest zależna nie tyle od pozycji litostratygraficznej, lecz od usytuowania pokładu w obszarze zagłębia. Ponadto, ponieważ bar występuje często w postaci żył barytowych przecinających pokład, wzbogacenie go w węgiel bywa lokalne, nawet w obrębie pokładu.

Bardzo wyraźne zróżnicowanie lateralne stwierdzono

\*Oddział Górnośląski, Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec



- granica zasięgu utworów produktywnych
- granica zapadliska rowu Zawady
- obszary górnicze kopalń
- rejony złożowe
- rejony perspektywiczne
- otwory wiertnicze
- ciąg profili otworów wiertniczych
- koncentracja baru w węglu < 200 g/t
- koncentracja baru w węglu 201-400 g/t
- koncentracja baru w węglu > 400 g/t

Ryc. 1. Przeciętna zawartość baru w węglach órnosiąskich

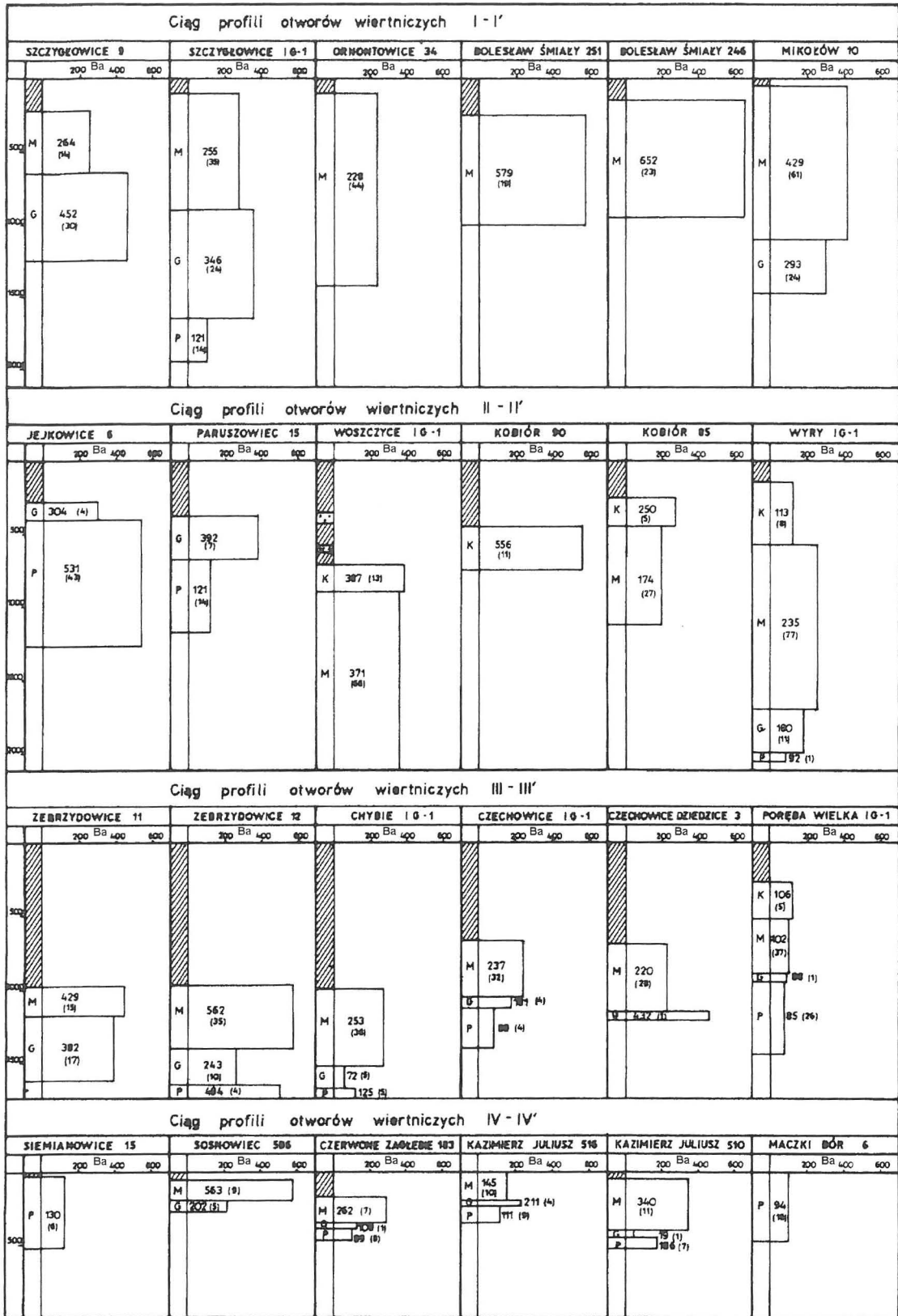
w obrębie wszystkich serii litostratygicznych karbonu. Na ryc. 1 przedstawiono przeciętną zawartość baru w węglu w obszarach górniczych i rejonach złożowych w trzech

zakresach koncentracji: do 200 g/t (zbliżonym do przeciętnej koncentracji węgla GZW), 201–400 g/t oraz > 400 g/t. Na ryc. 2 przedstawiono 4 ciągi profili otworów wiertniczych w wybranych rejonach zagłębia: I–I' na N od zapadliska rowu Zawady, II–II' przez zapadlisko rowu Zawady, III–III' w S części zagłębia, IV–IV' w NE części zagłębia.

Tab. 1. Koncentracja baru w węglach órnosiąskich (g/t)

Seria lit.	Liczba pr.	Śr. aryt.	Odcchl. st.	Mediana	Śr. geom.
<b>Koncentracja w węglu:</b>					
KSP	1544	176,5	<b>247,3</b>	82,8	86,9
SM	9374	298,7	280,6	209,4	205,7
GSP	2993	270,2	254,2	186,6	184,2
SP	1597	200,2	224,5	125,0	126,3
ogółem:	15 508	270,9	270,6	82,4	175,8
<b>Koncentracja w popiele:</b>					
KSP	1544	1124,4	1384,5	560,0	611,0
SM	9374	2014,9	1671,4	1400,0	1447,0
GSP	2993	1910,0	1621,0	1320,0	1396,2
SP	1597	1492,8	1402,4	1000,0	1036,5
ogółem:	15 508	1852,2	1634,4	1210,0	1274,3

Najwyższe koncentracje baru występują w węglach z zachodniej i środkowej części zagłębia, w obszarach i rejonach górniczych: Bolesław Śmiały, Kobiór, Szczygłowice, Jejkowice, Krupiński, Mikołów. Obszary te otaczają strefę zapadliska rowu Zawady, w której miąższość trzeciorzędowego nadkładu osiąga 663,7 m w otworze wiertniczym Woszczyce IG1, usytuowanym w środkowej części obszaru zapadliska. W otworze tym, utwory KSP występują na głębokości 719,0–889,7 m, utwory SM zaś — 889,7–2204,0 m (przy tej głębokości zakończono wiercenie otworu, nie przewiercając SM). Wzbogacenie węgla w bar w tym otworze przedstawiono na ryc. 2 (ciąg profili otworów wiertniczych II–II'). Na rysunku tym przedstawiono również profile szeregu otworów wiertniczych, gdzie węgle KSP są wysoko wzbogacone w bar (rejon Kobiór) w przeciwieństwie do węgla z KSP, ze wschodniej części zagłębia (np. w otwo-



- nadkład
- warstwy wielkie
- warstwy kłodnicke
- karbon: K - krakowska seria piaskowcowa  
M - seria mułowcowa  
G - górnośląska seria piaskowcowa  
P - seria paraliczna

264 zawartość baru w węglu w odcinkach profilu karbonu (w g/t)  
 (14) liczba przeanalizowanych próbek węgla

Ryc. 2. Zawartość baru w węglu w profilu otworów wiertniczych

rze wiertniczym Poręba Wielka IG1). Podobne obserwacje dotyczą również węgla z innych serii litostratygraficznych karbonu. Wskazuje to na epigenetyczne pochodzenie podwyższonych koncentracji baru, nie związane z określoną serią litostratygraficzną.

W mioceńskim nadkładzie, na obszarze rowu Zawady, występują osady chemiczne (zaznaczone w profilu otworu wiertniczego Woszczyce IG1, ryc. 2), rozciągające się ku północy w kierunku Gliwic. Są one najbardziej prawdopodobnym źródłem baru wzbogacającego węgiel. Prawdopodobne jest oboczne lateralne przemieszczanie się roztworów soli barowych z osadów chemicznych, w rowie Zawady, w przyległe utwory karbonu (ryc. 2, ciągi profili I-I', II-II'). Według Gruszczyka [5] powstanie żyłowych skupień barytu interpretowane jest działalnością wód zasobnych w jon  $Cl^-$ . Baryt, prawie nie rozpuszczalny w roztworach o  $pH < 7$ , jest stosunkowo łatwo rozpuszczalny w roztworach zawierających chlorki. Prawdopodobnością dotyczącą żył barytowych jest ich przywiązanie do utworów powstałych w warunkach klimatu suchego, często w warunkach facji salinarnej. Solanki, występujące w utworach karbonu w rowie Zawady mają mineralizację przekraczającą 40 g/l. Na NW od rowu Zawady rozciąga się zapadlisko bojkowsko-wielopolskie; również na tym obszarze w mioceńskim nadkładzie występują osady chemiczne, głównie gipsy.

Podwyższone koncentracje baru stwierdzono również w węglach z SW części zagłębia. Według badań Pluty [10] w szeregu wód kopalnianych z rejonu Rybnika współcześnie występują migrujące sole baru. W rejonie Zebrzydowic średnia zawartość baru w węglu wynosi 358 g/t. Ilustruje to ciąg profili III-III' (ryc. 2).

W NE części zagłębia utwory karbonu leżą płytko. Strop serii mułowcowej występuje na głębokości 30–100 m. Wzbogacenia węgla w bar są nieregularne i na ogół występują w najwyższej leżących ogniwach karbonu (ryc. 2, ciąg profili IV-IV'). W wodzie z kopalni Katowice (z głębokości 600 m) koncentracja baru wynosi 1100 mg/l, z kopalni Staszic (z głębokości 700 m) 580 mg/l [10]. W rejonie tym wykonano oznaczenie zawartości baru w węglach z próbek bruzdowych pobranych w kopalniach Sosnowiec, Wesoła, Staszic [2]. Nieregularność wzbogaceń węgla w bar jest bardzo wyraźna; np. w pokładzie 401 w kopalni Wesoła w bruzdach pobranych z tej samej ściany wzbogacenie w bar występuje w węglu z bruzd II i IV, węgiel z bruzdy III natomiast ma bardzo niską zawartość baru. Uderzająco niska jest zawartość baru w węglach z warstw siodłowych z GSP (pokład 510 kopalni Sosnowiec, pokład 501 kopalni Staszic); w rejonie zachodnim zagłębia węgle z tego ogniwa zawierają przeciętne, a nawet bardzo wysokie, koncentracje baru.

W węglach z E i SE części zagłębia koncentracje baru są na ogół niskie. Według Grabowskiej i Sowy [4] brak baru w wodach kopalnianych z SE części zagłębia, uniemożliwia wytrącanie się soli radowo-barowych, co jest jednym z powodów wysokiej radoczynności wód z tego rejonu.

### Wnioski

Przeciętna koncentracja baru w węglach górnośląskich (średnia geom. 176 g/t węgla, 1274 g/t popiołu) jest wyższa od przeciętnej dla węgla świata ( $130 \pm 19$  g/t węgla,

$930 \pm 150$  g/t popiołu) [5]. Najwyższa, stwierdzona koncentracja, w otworze wiertniczym Wiry IG1 wynosi ok. 2800 g/t węgla (46 600 g/t popiołu).

Obserwuje się wyraźne zróżnicowanie w koncentracji baru pomiędzy seriami litostratygraficznymi karbonu oraz w obrębie serii, jednak zasadnicze jest zróżnicowanie lateralne. Najwyższe wzbogacenia węgla w bar występują w zachodniej części zagłębia, zarówno w węglach z KSP (rejon Kobiór), SM (Bolesław Śmiały), GSP (Paruszowiec), jak i SP (Jejkowice). Najwyższe wzbogacenia występują w obszarach przyległych do obniżenia rowu Zawady, w których nadkład nad utworami karbonu stanowią utwory mioceńskie, zawierające osady chemiczne, zarówno chlorkowe, jak i siarczanowe. Wzbogacenie węgla w bar stwierdzono również w SW i S częściach zagłębia w rejonie Zebrzydowic i Czechowic. W części NE zagłębia, wzbogacenia węgla w bar nie są tak wysokie, jak w części W. Na E i SE koncentracja baru w węglach jest niska.

Zróżnicowanie koncentracji baru w węglach GZW, występowanie bardzo wysokich wzbogaceń w niektórych pokładach, stwierdzona obecność żył barytowych w węglach, wskazują na postgenetyczny charakter wzbogaceń węgla w bar. Najbardziej prawdopodobnym źródłem wysokich wzbogaceń w części zachodniej zagłębia są mioceńskie osady chemiczne, występujące w strukturze zapadliskowej rowu Zawady i rozciągające się ku N w kierunku Gliwic.

W rejonie Rybnika, występujące obecnie wysoko zmineralizowane chlorkowe wody kopalniane często zawierają koncentracje soli barowych, dochodzące do 1800 mg Ba/l [10]. Ze względu na krótkie drogi transportu jonów baru, współcześnie obserwuje się wytrącanie osadów jego trudno rozpuszczalnych soli.

### Literatura

- BOUSKA V. 1981 — Geochemistry of coal. Academia, Prague.
- CEBULAK S. 1979 — Określenie geochemicznych składników węgla pod kątem pełnej utylizacji i ochrony środowiska. Arch. OG PIG, nr R/144.
- GLUSKOTER H. J., RUCH R. R., MILLER W. G., AHILL R. A., DREHER G. B., KUHN J. K. 1977 — Trace elements in coal. Occurrence and distribution. Illinois State Geol. Survey. Circ.: 499.
- GRABOWSKA K., SOWA M. 1994 — Międzynarodowe Seminarium Naukowe: Zagadnienia ekologiczne w geologii i petrologii węgla. Gliwice: 17–22.
- GRUSZCZYK H. 1970 — Pr. IG, 59: 9–30.
- HARAŃCZYK CZ., SZOSTEK L. 1970 — Ibidem: 231–254.
- JUDOWICZ J. E., KETRIS M. P., MIERC A. W. 1985 — Elementy-przemiesi w iskopajemnych ugljach. Nauka, Leningrad.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1979 — Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geol.
- MIELECKI T., KRZYŻANOWSKA W., PERKOWSKA M. 1957 — Pr. GIG, Kom. 203: 16.
- PLUTA I. 1988 — Promieniotwórczość wód karbonu GZW, a ich pochodzenie określone z badań izotopowych i hydrochemicznych. Praca doktorska. Bibl. AGH, Kraków, nr R. 7863.
- RÓŻKOWSKA A. 1989 — Charakterystyka geochemiczna węgla głębokich poziomów karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Arch. OG PIG, GS/192.
- TOMZA I., LEBECKA J., PLUTA I. 1986 — Pr. GIG, Seria dodatkowa, Katowice.