

## STREFOWOŚĆ HYDROGEOCHEMICZNA I POCHODZENIE WÓD W REJONACH OBSZARÓW GÓRNICZYCH KOPALŃ KAZIMIERZ-JULIUSZ I ZIEMOWIT

### HYDROGEOCHEMICAL ZONING AND ORIGIN OF WATERS IN THE REGION OF THE KAZIMIERZ-JULIUSZ AND THE ZIEMOWIT MINING AREAS

IRENA PLUTA<sup>1</sup>, JAN MERTAS<sup>2</sup>, FRANCISZEK DZIENDZIEL<sup>2</sup>, MARCIN WĘGLORZ<sup>3</sup>

**Abstrakt.** W rejonach obszarów górniczych kopalń Kazimierz-Juliusz i Ziemowit występują zróżnicowane warunki geologiczne, hydrogeologiczne oraz różna jest geneza naturalnych wód kopalnianych. W efekcie zróżnicowana jest również strefowość hydrogeochemiczna odniesiona do wskaźników zanieczyszczenia – sodu, chlorków i boru.

**Słowa kluczowe:** strefowość hydrogeochemiczna, pochodzenie wód, wskaźniki zanieczyszczenia.

**Abstract.** In mining areas of the Kazimierz-Juliusz and the Ziemowit coal mines changes in geological, hydrogeological conditions and the origin of natural mine waters are observed. These changes are the consequences of different hydrogeochemical zoning of the contamination indicators: sodium, chlorides and boron.

**Key words:** hydrogeochemical zoning, origin of waters, contamination indicators.

### WSTĘP

W profilu hydrogeologicznym Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) występują wody o zróżnicowanym składzie chemicznym, od wód słodkich po solanki (np. Rózkowski red., 2004; Pluta, 2005). Wody drenowane przez wyrobiska górnicze kopalń są odprowadzane do cieków powierzchniowych. W związku z tym, z uwagi na ochronę środowiska wodnego Górnego Śląska, istotne jest rozpoznanie zawartych w wodach kopalnianych substancji zanieczyszczających, powodujących zmianę jakości wód powierzchniowych.

Z dotychczasowego opisu wskaźników zanieczyszczenia przedostających się do kopalń w naturalnych wodach wynika, że ich występowanie w obszarze GZW jest zróżnicowane

generalnie w dwóch wydzielonych subregionach hydrogeologicznych (I, II). Subregiony różnią się budową geologiczną i warunkami hydrogeologicznymi. Mając na uwadze tę zmienność za konieczne uznano szczegółowe rozpoznanie wskaźników zanieczyszczenia wód dopływających do kopalń położonych w tych dwóch subregionach (Rózkowski i in., 1989; Pluta, 2005).

Strefowość wskaźników zanieczyszczenia w wodach kopalń w południowo-zachodniej części GZW (II subregion hydrogeologiczny) Borynia, Jankowice i Morcinek przedstawili Pluta (2007) oraz Pluta i Ślaski (2007). W niniejszym artykule scharakteryzowano natomiast strefowość hydrogeo-

<sup>1</sup> Główny Instytut Górnictwa, Plac Gwarków 1, 40-166 Katowice

<sup>2</sup> Kompania Węglowa S.A., ul. Powstańców 30, 40-039 Katowice

<sup>3</sup> KWK Kazimierz-Juliusz, ul. Ogrodowa 1, 42-540 Sosnowiec

chemiczną w rejonie obszarów górniczych kopalń Ziemowit i Kazimierz-Juliusz, położonych w dwóch wyróżnionych subregionach hydrogeologicznych. Zmienność hydrochemiczną analizowano na podstawie wartości stężeń istotnych wskaźników zanieczyszczenia wód kopalnianych, z uwzględ-

nieniem warunków hydrogeologicznych i budowy geologicznej obszarów górniczych. Genezę wód określono na podstawie analizy ich składu chemicznego oraz izotopowego.

## ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ I WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Kopalnie Kazimierz-Juliusz i Ziemowit pomimo stosunkowo bliskiego położenia występują w dwóch subregionach hydrogeologicznych, różniących się budową geologiczną oraz warunkami zasilania utworów karbonu (fig. 1).

Złoże węgla kamiennego kopalni Kazimierz-Juliusz jest położone w północno-wschodnim (I) subregionie hydrogeologicznym, który uznaje się za regionalną strefę zasilania utworów karbonu produktywnego. W stropie karbonu na całym obszarze zalegają utwory czwartorzędu, a w południowej i zachodniej części także triasu. W profilu utworów karbonu występują trzy serie litostratygraficzne: seria mułowcowa, górnośląska seria piaskowcowa oraz seria paraliczna. W profilu hydrogeologicznym kopalni występują trzy piętra wodonośne: czwartorzędu, triasu i karbonu. Karbońskie piętro wodonośne składa się z szeregu poziomów wodonośnych związanych z piaskowcami warstw orzeskich, rudzkich i siodłowych. Ich przepuszczalność i porowatość zmniejsza się z głębokością zalegania.

Złoże węgla kopalni Ziemowit jest położone w południowo-zachodnim (II) subregionie hydrogeologicznym, charakteryzującym się obecnością w nadkładzie izolujących utworów miocenu. Rozpoznane robotami górniczymi utwory węglonośnego karbonu są reprezentowane przez krakowską serię piaskowcową (warstwy libiąskie) i serię mułowcowa (warstwy orzeskie). Na stropie utworów karbonu kopalni występują utwory czwartorzędu, miocenu i lokalnie triasu. Miocen w rejonach jego zalegania ma przede wszystkim charakter izolujący utwory karbonu od infiltracji wód z powierzchni. W centralnej części obszaru górniczego występuje erozyjne okno hydrogeologiczne. Utwory triasu i czwartorzędu zalegające na stropie karbonu stanowią źródło zawodnienia wyrobisk górniczych. Karbońskie piętro wodonośne jest

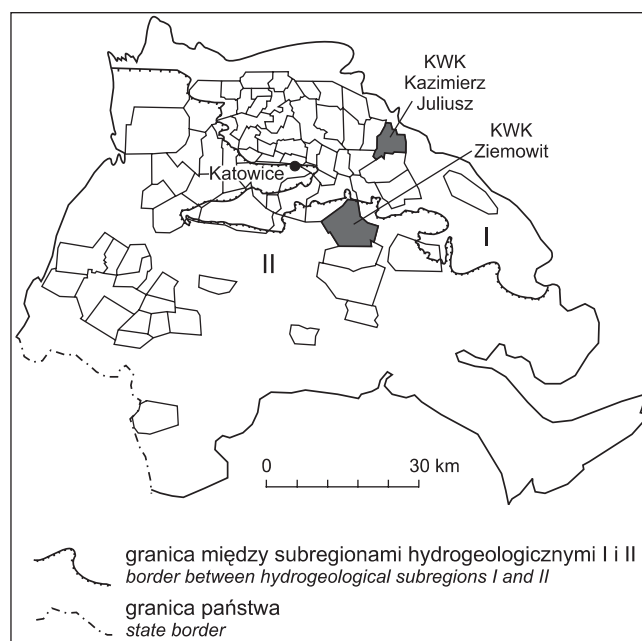


Fig. 1. Położenie obszarów górniczych kopalń Kazimierz-Juliusz i Ziemowit w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym w zasięgu I i II subregionu hydrogeologicznego

Mining areas the Kazimierz-Juliusz and the Ziemowit coal mining areas in the Upper Silesian Coal Basin within hydrogeological subregions (I, II)

związane z piaskowcami warstw łaziskich i orzeskich, które na większych głębokościach charakteryzuje mała porowatość i słabsza przepuszczalność.

## METODYKA BADAŃ

Wody dopływające do obu kopalń pobierano z wykropleń, wycieków oraz z kopalnianych otworów odwadniających, wykonywanych głównie w czasie udostępniania poszczególnych partii złoża. W kopalni Kazimierz-Juliusz próbki wód pobrano w latach 1986–2007 na poziomach wydobywczych 465, 640 i 750 m w rejonie Kazimierz oraz na poziomie 380 m w rejonie Juliusz. W kopalni Ziemowit wody pobierano w latach 1983–2007. W tym czasie prace górnicze były prowadzone na poziomach 500 i 650 m. Pobrano również wody z poziomu 200 m.

W wodach oznaczono zawartości istotnych wskaźników zanieczyszczeń wód kopalnianych GZW – jonów: sodowego, potasowego, chlorkowego, siarczanowego, amonowego, barowego oraz żelaza (ogólnego) i boru, zgodnie z procedurami opracowanymi dla kopalnianych wód słonych i solanek. W wybranych wypływach wykonano badania genetyczne na podstawie analiz składu izotopowego wodoru ( $\delta^2\text{H}$ ) i tlenu ( $\delta^{18}\text{O}$ ). Oznaczenia składu izotopowego wód zostały wykonane na Wydziale Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

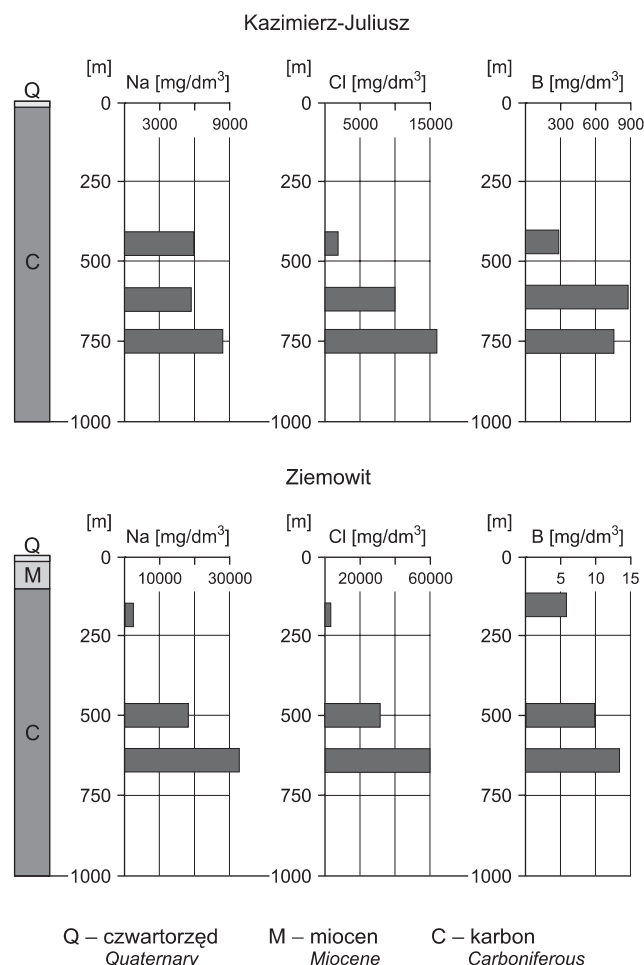
## CHEMIZM I GENEZA WÓD

W dopływach do kopalni **Kazimierz-Juliusz** stwierdzono wody o dwóch zbliżonych składach izotopowych: około  $-69\%$  i  $-62\%$  dla  $\delta^2\text{H}$  oraz około  $-9,6\%$  i  $-8,6\%$  dla  $\delta^{18}\text{O}$ . Wartości  $\delta^2\text{H} \approx -69\%$  i  $\delta^{18}\text{O} \approx -9,6\%$  są charakterystyczne dla wód infiltracji współczesnej (wody z opadów współczesnych w obszarze GZW mają skład  $\delta^2\text{H} \approx -70\%$  i  $\delta^{18}\text{O} \approx -10\%$ ) lub holoceniowej. W wodach tych stężenie jonu chlorkowego osiąga  $175 \text{ mg/dm}^3$ , jonu sodowego  $210 \text{ mg/dm}^3$ , potasowego  $23 \text{ mg/dm}^3$ , boru  $1,3 \text{ mg/dm}^3$ , jonów żelaza  $22 \text{ mg/dm}^3$ , a siarczanów  $510 \text{ mg/dm}^3$ .

Wody o składzie izotopowym:  $\delta^2\text{H} \approx -62\%$  i  $\delta^{18}\text{O} \approx -8,6\%$  infiltrowały do utworów karbonu kopalni Kazimierz-Juliusz w okresie wcześniejszym aniżeli opisane wyżej. Wynika to z wartości składu izotopowego wskazującego na cieplejszy aniżeli holoceniowy okres zasilania, a także ze strefowości ich występowania. Najprawdopodobniej wody te pochodzą również z ostatniego, siódmego (VII) cyklu hydrogeologicznego, ale z okresu wcześniejszego, przypuszczalnie pliocenu, po transgresji morskiej w badenie, kiedy w obszarze GZW następowała zmiana warunków klimatycznych z ciepłych na chłodniejsze. W wodach tych stężenie jonu chlorkowego osiąga  $16\,525 \text{ mg/dm}^3$ , jonu sodowego  $8460 \text{ mg/dm}^3$ , jonu potasowego  $42 \text{ mg/dm}^3$ , a boru  $3,5 \text{ mg/dm}^3$ . Zawartość jonów żelaza nie przekracza  $9,5 \text{ mg/dm}^3$ , natomiast jonu siarczanowego  $175 \text{ mg/dm}^3$ .

Badania wód kopalni Kazimierz-Juliusz w latach 1966–1967 przeprowadzone przez Państwowy Instytut Geologiczny w rejonie Juliusz wykazały wpływ solanki o stężeniu jonów: chlorkowego  $56\,590 \text{ mg/dm}^3$ , sodowego  $27\,560 \text{ mg/dm}^3$  i potasowego  $410 \text{ mg/dm}^3$  (dane niepublikowane). W wodzie tej stwierdzono  $120 \text{ mg/dm}^3$  jonu barowego. Obecność takiej solanki wskazuje na lokalne występowanie w utworach karbonu wód infiltracyjnych dawnych cykli hydrogeologicznych. Można przypuszczać, że była to woda infiltracyjna pochodząca z trzeciego (III) lub czwartego (IV) cyklu hydrogeologicznego (Pluta, Zuber, 1995; Pluta, 2005). W wodach tych powszechnie występują warunki redukcyjne, charakteryzujące się między innymi obecnością baru.

Strefowość hydrogeochemiczną w obszarze kopalni Kazimierz-Juliusz odniesiono do substancji zanieczyszczających zawartych w naturalnych wodach kopalnianych dopływających do wyrobisk. Wyniki oznaczeń zawartości sodu, potasu, amonu, żelaza, chlorków, baru oraz boru wykazały, że najistotniejszymi wskaźnikami zanieczyszczenia są sód, chlorki i bor. Ich ilości przekraczają od kilku do kilkunastu razy największe wartości dopuszczalne, określone dla wód pochodzących z odwadniania zakładów górniczych, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 roku (Dz.U. Nr 27, poz. 169). Strefowość hydrogeochemiczną w profilu pionowym obrazowano przedstawiając maksymalne stężenia sodu, chlorków i boru w dopływach na poszczególne poziomy wydobywcze (fig. 2).



**Fig. 2. Maksymalne zawartości wskaźników zanieczyszczenia: sodu, chlorków i boru w naturalnych wodach dopływających na poziomy wydobywcze kopalń Kazimierz-Juliusz i Ziemowit**

Maximum values of contamination indicators: sodium, chlorides and borium in natural mining waters at different mining levels of the Kazimierz-Juliusz and Ziemowit Coal Mines

W naturalnych dopływach do kopalni **Ziemowit** występują wody o zróżnicowanym składzie izotopowym i chemicznym. Badania wykazały dwie grupy wód o podobnych  $\delta^2\text{H}$  i  $\delta^{18}\text{O}$ .

Wody pierwszej grupy są wzbogacone w lekkie izotopy wodoru i tlenu. Charakteryzują się składem izotopowym zbliżonym do składu współczesnych opadów ( $\delta^2\text{H} \approx -70\%$  i  $\delta^{18}\text{O} \approx -10\%$ ) lub bardziej ujemnym:  $\delta^2\text{H} = -78\%$  i  $\delta^{18}\text{O} \approx -10,7\%$ . Mogą to być wody z infiltracji współczesnej lub z infiltracji w okresie holocenu, wody interglacjalne oraz wody zasilane w chłodnych okresach glacialnych. Generalnie zasilają one utwory karbonu po transgresji morskiej w badenie. W wodach tych stężenie jonu chlorkowego wynosi do około  $17 \text{ g/dm}^3$ , jonu sodowego do około  $10 \text{ g/dm}^3$ , jonu potasowego do  $185 \text{ mg/dm}^3$ , jonu amonowego do  $8,3 \text{ mg/dm}^3$ , żelaza (ogólnego) do  $14,1 \text{ mg/dm}^3$  oraz boru do  $8,7 \text{ mg/dm}^3$ .

Drugą grupę wód, występującą głębiej w karbonie (głównie na poziomie 650 m), charakteryzują większe zawartości cięższych izotopów wodoru i tlenu: od  $-49\%$  do  $-48\%$  dla  $\delta^2\text{H}$  i od  $-6,5\%$  do  $-5,7\%$  dla  $\delta^{18}\text{O}$ , średnio  $\delta^2\text{H} \approx -49\%$  i  $\delta^{18}\text{O} \approx -6,0\%$ . Wody o takim składzie izotopowym powstały z opadów w klimacie cieplejszym od współczesnego. Mając na uwadze odtworzony przez Plutę (2005) rozwój paleohydrogeologiczny GZW mogły one infiltrować do utworów GZW w etapie infiltracyjnym szóstego (VI) cyklu hydrogeologicznego, w okresie paleogenu (albo wczesnego miocenu) lub też później, po transgresji morskiej w badenie, w etapie infiltracyjnym siódmego (VII) cyklu hydrogeologicznego. Wówczas w obszarze GZW panował ciepły klimat. Wody o praktycznie takim samym składzie izotopowym  $-49\%$  dla  $\delta^2\text{H}$  oraz od  $-6,8\%$  do  $-5,7\%$  dla  $\delta^{18}\text{O}$  stwierdził w kopalni Ziemowit Rózkowski (red., 2004). Według Pluty (2005) wody, które infiltrowały przed transgresją morską w badenie, charakteryzuje średni skład izotopowy:  $\delta^2\text{H} \approx -50\%$  i  $\delta^{18}\text{O} \approx -7,2\%$ , natomiast wody infiltrujące po transgresji, jak określili Zuber i Pluta (1989), mają skład: od  $-48\%$  do  $-44\%$  dla  $\delta^2\text{H}$  i od  $-6,3\%$  do  $-5,2\%$  dla  $\delta^{18}\text{O}$ . Wzbogacenie wód kopal-

ni Ziemowit w nieco cięższy izotop tlenu  $^{18}\text{O}$  aniżeli średni skład izotopowy wód z etapu infiltracyjnego szóstego (VI) cyklu hydrogeologicznego można wyjaśnić wymianą izotopową tlenu obecnego w wodzie z tlenem zawartym w minerałach węglanowych. Za tym procesem wydaje się przemawiać fakt, że wody wzbogacone w izotop  $^{18}\text{O}$  wypływają z utworów karbonu, gdzie w nadkładzie oprócz utworów miocenu znajdują się węglanowe utwory triasu. W wodach tych stężenie jonu chlorkowego wynosi od około 56 do 60 g/dm<sup>3</sup>, sodowego od około 30 do 32,5 g/dm<sup>3</sup>, potasowego od 400 do 490 mg/dm<sup>3</sup>, a jonu amonowego osiąga 29,9 mg/dm<sup>3</sup> i boru do 14,5 mg/dm<sup>3</sup>. Wyniki te potwierdziły chemizm wód tej kopalni opisany przez Podio (1964).

Z przedstawionych zawartości wskaźników zanieczyszczenia wynika, że w naturalnych dopływach wód do kopalni Ziemowit stężenia sodu, chlorków i boru przekraczają od kilku do kilkuset razy największe dopuszczalne ich zawartości określone dla wód kopalnianych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 roku. Strefowość hydrogeochemiczną odniesioną do tych najistotniejszych wskaźników przedstawiono na figurze 2.

## PODSUMOWANIE

W rejonach obszarów górniczych kopalń Kazimierz-Juliusz i Ziemowit, które położone są w dwóch subregionach hydrogeologicznych GZW, o odmiennej budowie geologicznej oraz warunkach hydrogeologicznych, występuje zróżnicowana strefowość hydrogeochemiczna.

W kopalni Kazimierz-Juliusz, położonej w północno-wschodnim (I) subregionie hydrogeologicznym, na poziomie wydobywcze od 465 do 750 m dopływają wody słone pochodzące, jak się przypuszcza, z etapu infiltracyjnego współczesnego, siódmego (VII) cyklu hydrogeologicznego. Generalnie infiltrowały one do utworów karbonu po transgresji morskiej w badenie. W wodach tych nie stwierdzono znaczących różnic w zawartości najistotniejszych wskaźników zanieczyszczenia: sodu, chlorków i boru z głębokością wypływu wód.

W kopalni Ziemowit, której złoża węgla jest położone w drugim (II) subregionie hydrogeologicznym przykrytym utworami miocenu, w karbonie na poziomach 200, 500

i 650 m występują wody, które pochodzą z opadów ostatniego, siódmego (VII), oraz wcześniejszego, szóstego (VI) cyklu hydrogeologicznego, generalnie przed i po transgresji morskiej w badenie. W wodach tych odnotowano naturalną zmienność zawartości sodu, chlorków i boru, polegającą na jej wzroście z głębokością dopływu wód na poszczególne poziomy wydobywcze.

Przedstawiona strefowość hydrogeochemiczna w rejonach obszarów górniczych kopalń Kazimierz-Juliusz i Ziemowit, odniesiona do wskaźników zanieczyszczenia, umożliwia jej wykorzystanie do oceny wpływu wód kopalnianych na jakość wód rzeki Bobrek i Potoku Goławieckiego, do których wody te dopływają, a także prognozy zanieczyszczenia wód w planowanym do eksploatacji węgla rejonie położonym pomiędzy opisywanymi kopalniami.

Badania wykonano w ramach projektu badawczego 4T12A03529.

## LITERATURA

- PLUTA I., 2005 – Wody kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego – geneza, zanieczyszczenia i metody oczyszczania. *Pr. Nauk. Gł. Inst. Górn.*, **865**.
- PLUTA I., 2007 – Strefowość hydrogeochemiczna południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w obszarach górniczych kopalń „Borynia” i „Jankowice”. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, t. 13, cz. 1: 165–173. AGH, Kraków.
- PLUTA I., ŚLASKI R., 2007 – Strefowość hydrogeochemiczna południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w obszarze zlikwidowanej kopalni „Morcinek”. *W: Ochrona środowiska na terenach górniczych podziemnych i odkrywkowych zakładów górniczych w subregionie zachodnim województwa śląskiego*: 189–194. Katowice.
- PLUTA I., ZUBER A., 1995 – Origin of brines in the Upper Silesian Coal Basin (Poland) inferred from the isotope and chemical data. *Appl. Geochem.*, **10**: 447–460.
- PODIO R., 1964 – Słone wody podziemne w rejonie „Bryły Łędzińskiej”. *Prz. Górn.*, **10**: 501–507.

- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. w sprawie warunków, jakie należy spełniać przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. Nr 27, poz. 169).
- RÓŹKOWSKI A. (red.), 2004 – Środowisko hydrogeochemiczne karbonu produkcyjnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Nauk. USI.*, 2244.
- RÓŹKOWSKI A., GAJOWIEC B., WAGNER J., 1989 – Strefowość mineralizacji wód w Zapadlisku Górnośląskim. *Pr. Nauk. Inst. Geot. PWroc.*, 58. *Konf.*, 29: 131–137.
- ZUBER A., PLUTA I., 1989 – Wskaźniki izotopowe i hydrochemiczne genezy solanek karbonu GZW. *W: Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski. Pr. Nauk. Inst. Geotech. PWroc.*: 497–504.

## SUMMARY

The natural waters of various chemical composition flow into mine workings in two hydrogeological subregions (I, II) of the Upper Silesian Coal Basin. In mining areas of the Kazimierz-Juliusz and the Ziemowit which are situated in different hydrogeological subregions differences in origin of natural mine waters are observed. There are the consequences of changes in hydrogeochemical zoning of the contamina-

tion indicators: sodium, chlorides and boron. The results of investigations on natural mine waters in Kazimierz-Juliusz and Ziemowit coal mines have drawn attention to the facts that hydrogeochemical zoning can be used in a controlled mine waters flowing into surface water: the Bobrek river and the Goławiecki stream.