

CHEMIZM WÓD W STREFIE KONTAKTU TEKTONICZNEGO PERM–TRIAS W REJONIE ZŁOŻA OLKUSZ-PODPOZIOM KOPALNI „OLKUSZ-POMORZANY”

WATER CHEMISTRY IN THE PERMIAN–TRIASSIC TECTONIC CONTACT ZONE IN THE OLKUSZ-PODPOZIOM DEPOSIT OF THE „OLKUSZ-POMORZANY” MINE

JACEK MOTYKA¹, KAJETAN D’OBYRN¹, KAMIL JUŚKO², TOMASZ WÓJCIK²

Abstrakt. W pracy przedstawiono wyniki badań składu chemicznego wód z wycieków wody w wyrobiskach górniczych w strefie kontaktu tektonicznego zlepieńce permskie – złożonośne węglanowe skały triasowe w rejonie złoża Olkusz-Podpoziom. W profilu zlepieńców permskich występuje pionowa strefowość hydrochemiczna, od słodkich wód – w stropie tych skał, do słonych – w ich części spągowej. W wyżej zalegających skałach triasowych występują wody słodkie, których skład chemiczny w warunkach naturalnych zależy od litologii skał otaczających (dolomitów, wapieni). Wpływ na chemizm wód w utworach triasu i permu w strefach kontaktu sedymentacyjnego ma głównie proces dyfuzji, a w strefach tektonicznych – także konwekcja.

Słowa kluczowe: kopalnia Zn-Pb, chemizm wycieków, kontakt tektoniczny.

Abstract. The paper presents research results on the chemical composition of inflow waters from mine excavations in the tectonic contact zone between Permian conglomerates and Triassic Zn-Pb-bearing carbonates (Olkusz-Podpoziom deposit). The Permian conglomerate section shows a vertical hydrochemical zonation, from fresh water at the top of these rocks to salty water at their base. The overlying Triassic rocks contain fresh waters whose natural chemical composition depends on the lithology of surrounding rocks (dolomites, limestones). The water chemistry in the Triassic and Permian deposits in the sedimentary contact zones is influenced mainly by the diffusion process, while in the tectonic zones also by convection.

Key words: Zn-Pb mine, inflows chemistry, tectonic contact.

WSTĘP

Złoża rud cynku i ołowiu w rejonie olkuskim są częścią strefy okruszcowania w węglanowych skałach triasowych, w północno-wschodnim obrzeżeniu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Utwory złożonośne są podścielone zlepieńcami permskimi, które są osadami lądowymi, powstałymi w warunkach gorącego klimatu.

W trakcie budowy kopalni „Pomorzany” w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku wykonano w zlepieńcach permu kilka kilometrów wyrobisk udostępniających, z których wypływały wycieki wody o zróżnicowanej mineraliza-

cji, od słonych do słodkich (Adamczyk i in., 1978). Zmiany mineralizacji układały się w regularną pionową strefowość hydrochemiczną w profilu utworów permu. Anomalie ujemne występowały w strefach spękań tektonicznych, z powodu konwekcyjnego dopływu słodkich wód z wyżej zalegających węglanowych skał triasowych (Motyka i in., 1972).

Pod koniec lat osiemdziesiątych zeszłego stulecia podjęto decyzję o udostępnieniu złoża rud Zn-Pb Olkusz-Podpoziom, zalegającym w niewielkim rowie tektonicznym na południowy zachód od funkcjonującej wówczas kopalni „Olkusz” (fig. 1). Z podszybia szybu „Chrobry” (kopalnia „Pomorzany”) wydrążono w zlepieńcach permu ponad kilometrowy przekop

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: motyka@agh.edu.pl, dobyrn@agh.edu.pl.

² ZGH Bolesław, ul. Kolejowa 37, 32-332 Bukowno; e-mail: kamil.jusko@gmail.com, twojcek8@mail.zghboleslaw.pl.

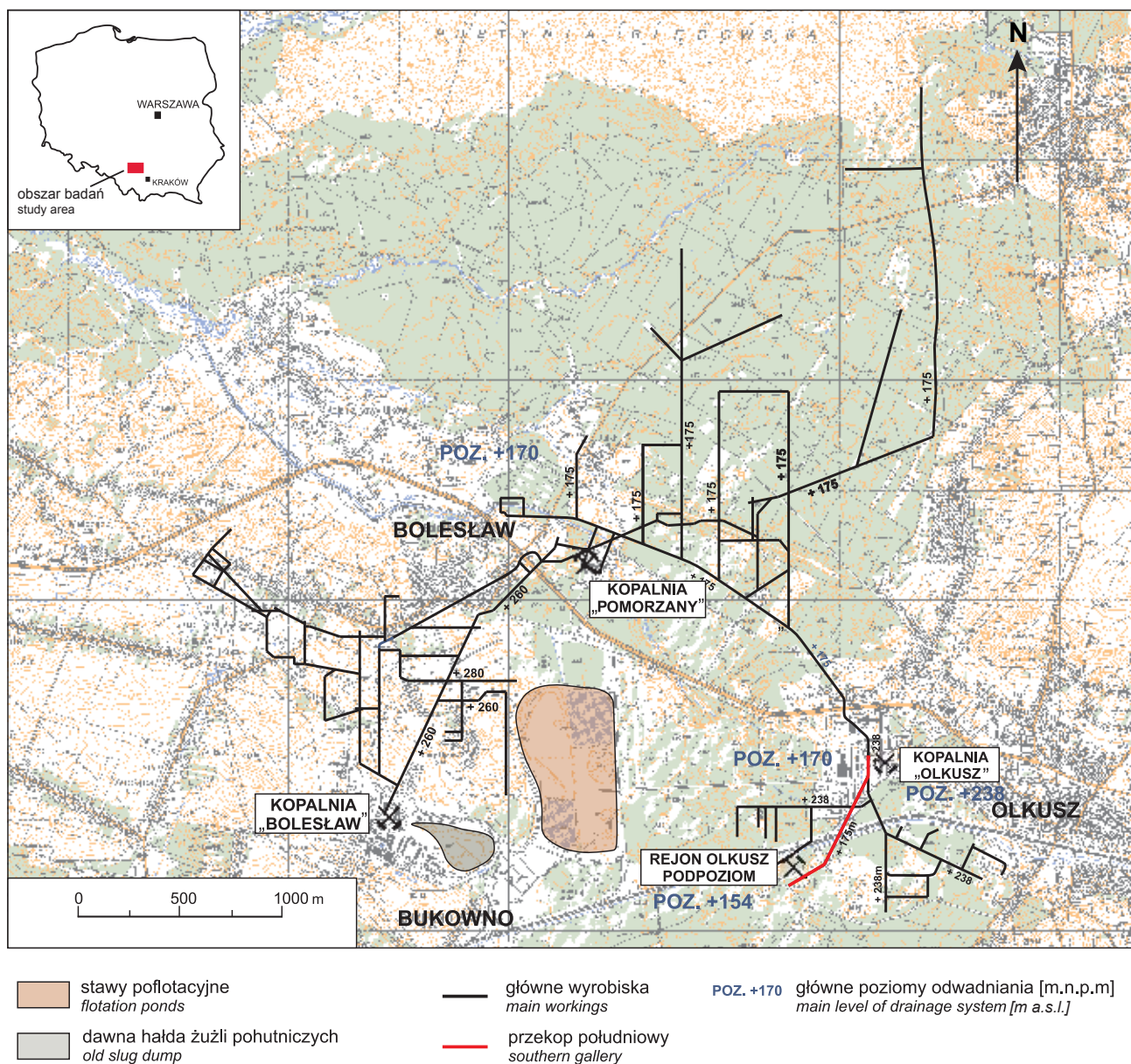


Fig. 1. Szkic sytuacyjny rejonu złoża Olkusz-Podpoziom

Situational sketch of the Olkusz-Podpoziom deposit

udostępniający złoża Olkusz-Podpoziom. Przekopem tym przekroczone strefę tektoniczną i rozpoczęto rozcinanie złoża siecią wyrobisk w celu przygotowania do eksploatacji. Zarówno w części przekopu drążonego w zlepnicach permu, jak i w węglanowych skałach triasowych występowały wycieki wody, z których pobrano próbki w celu zbadania składu chemicznego.

Przestrzenny układ wyrobisk w czynnej kopalni ulega ciągłej zmianie. W trakcie udostępniania i eksploatacji złoża wykonywane są nowe wyrobiska udostępniające i eksploatacyjne, a likwidowane te, w części wybranego złoża. Zmiana sieci wyrobisk skutkuje pojawianiem się nowych wycieków wody i zanikiem części tych wcześniej funkcjonujących. Mając to na uwadze, w pracy omówiono wyniki badań wycieków w latach 1986–2003, tj. od początku drą-

żenia przekopu południowego do okresu krótko po przekroczeniu rozważanej strefy tektonicznej. Pominięto opis zmian chemizmu wód z wycieków w wyrobiskach rejonu złoża Olkusz-Podpoziom, który znacznie przekracza ramy niniejszej pracy.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

W rozpatrywanej strefie kontaktu tektonicznego występują dwa piętra wodonośne: czwartorzędowe i triasowe. Czwartorzędowe piętro wodonośne budują piaski i żwiry pochodzenia fluwioglacjalnego, które stanowią zbiornik wód podziemnych typu porowego. Triasowe piętro wodonośne tworzą dolomity i wapień triasu środkowego i dolnego.

W profilu triasu środkowego (wapienia muszlowego) dominują dolomity (diploporowe i kruszconośne), a mniejszą jego część zajmują wapienie warstw olkuskich (sensu Śliwiński, 1961) i gogolińskich. W spągowej części triasowego piętra wodonośnego występują dolomity i wapienie górnego pstrego piaskowca (retu). Węglanowe skały triasowe tworzą zbiornik wód podziemnych typu porowo-szczelinowo-krawowego (Krajewski, Motyka, 1999).

Na przeważającej części rozpatrywanego obszaru piętra wodonośne czwartorzędowe i triasowe są od siebie odizolowane serią ilastych utworów triasu górnego (kajpru). Lokalnie, w strefach kontaktów hydraulicznych typu erozyjnego, łączą się one w jedno czwartorzędowo-triasowe piętro wodonośne (fig. 2). Węglanowe skały triasowe są podścielone zlepieńcami permu, które są uważane za serię izolującą (Wilk, Motyka, 1977). W trakcie drążenia wyrobisk górniczych w tych skałach zarejestrowano wiele wycieków wody o niewielkiej wydajności i o bardzo zróżnicowanej mineralizacji (Adamczyk i in., 1978; Motyka, Postawa, 2013a, b). W profilu szybu „Chrobry”, pod zlepieńcami permu, występują mułowce i piaskowce karbonu górnego (fig. 2).

Zgodnie z przyjętą koncepcją udostępnienia złoża rud cynku i ołowiu, zalegającego w lokalnym rowie tektonicznym (złoże Olkusz-Podpoziom) na poziomie 175 m n.p.m. wykonano przekop wraz z chodnikiem wodnym z szybu „Chrobry” (tzw. przekop południowy) do uskoku o zrzucie około 40 m, poprzez który kontaktują lateralnie utwory permu i triasu. Do strefy uskokowej przekop był drążony w zlepieńcach permskich. W tej fazie wykonywania wyrobiska zarejestrowano wypływy wody z wycieków i otworów wyprzedzających, dzięki którym było możliwe rozpoznanie stopnia zagrożenia wodnego drążonego wyrobiska. W strefie uskokowej zarejestrowano wyciek wody

i wypływy z otworów rozpoznawczych, wierconych z przekopu przed uskokiem i zakończonych po jego przebicciu, w węglanowych skałach triasowych. Liczne wycieki wody pojawiły się w wyrobiskach wykonanych w węglanowych skałach triasowych w zrzuconym skrzydle omawianego uskoku (fig. 3).

METODY BADAŃ

Próbki wody z wycieków i z otworów wyprzedzających, wywierconych w przekopie południowym pobierano sukcesywnie wraz z postępem wyrobiska. Drążenie przekopu południowego w zlepieńcach permu rozpoczęto w połowie lat osiemdziesiątych zeszłego stulecia. Pierwsze próbki wody z dwóch wycieków w początkowym odcinku przekopu pobrano w marcu 1986 r. Pod koniec 1998 r. przekopem południowym zbliżono się do strefy kontaktu tektonicznego perm–trias, która była traktowana jako poważne zagrożenie wodne dla tego wyrobiska. Dlatego wywiercono kilka otworów wyprzedzających przez strefę uskokową do węglanowych skał triasowych w zrzuconym skrzydle uskoku, z których pobrano próbki wody. Z początkiem 1999 r. przekroczono przekopem południowym omawiany uskoku i rozpoczęto udostępnianie i rozcinanie złoża rud Zn-Pb Olkusz-Podpoziom wyrobiskami w węglanowych skałach triasowych. W tych wyrobiskach zarejestrowano wycieki wody (fig. 3) o wydajnościach od kilku do kilkudziesięciu litrów na minutę. Z badanych wycieków pobrano tylko jedną próbkę wody. W pracy uwzględniono wyniki analiz wody pobranych z wycieków do 2003 r.

Metody analityczne badania składu chemicznego na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych zeszłego

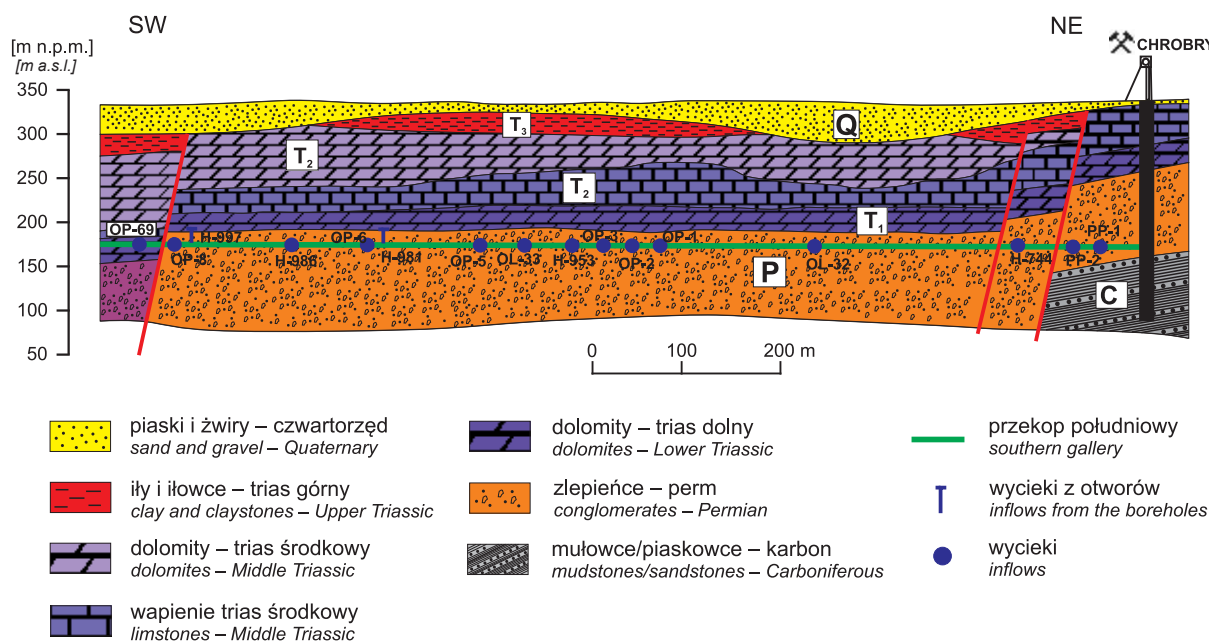


Fig. 2. Przekrój geologiczny wzdłuż przekopu południowego

Geological cross-section along the southern mine gallery

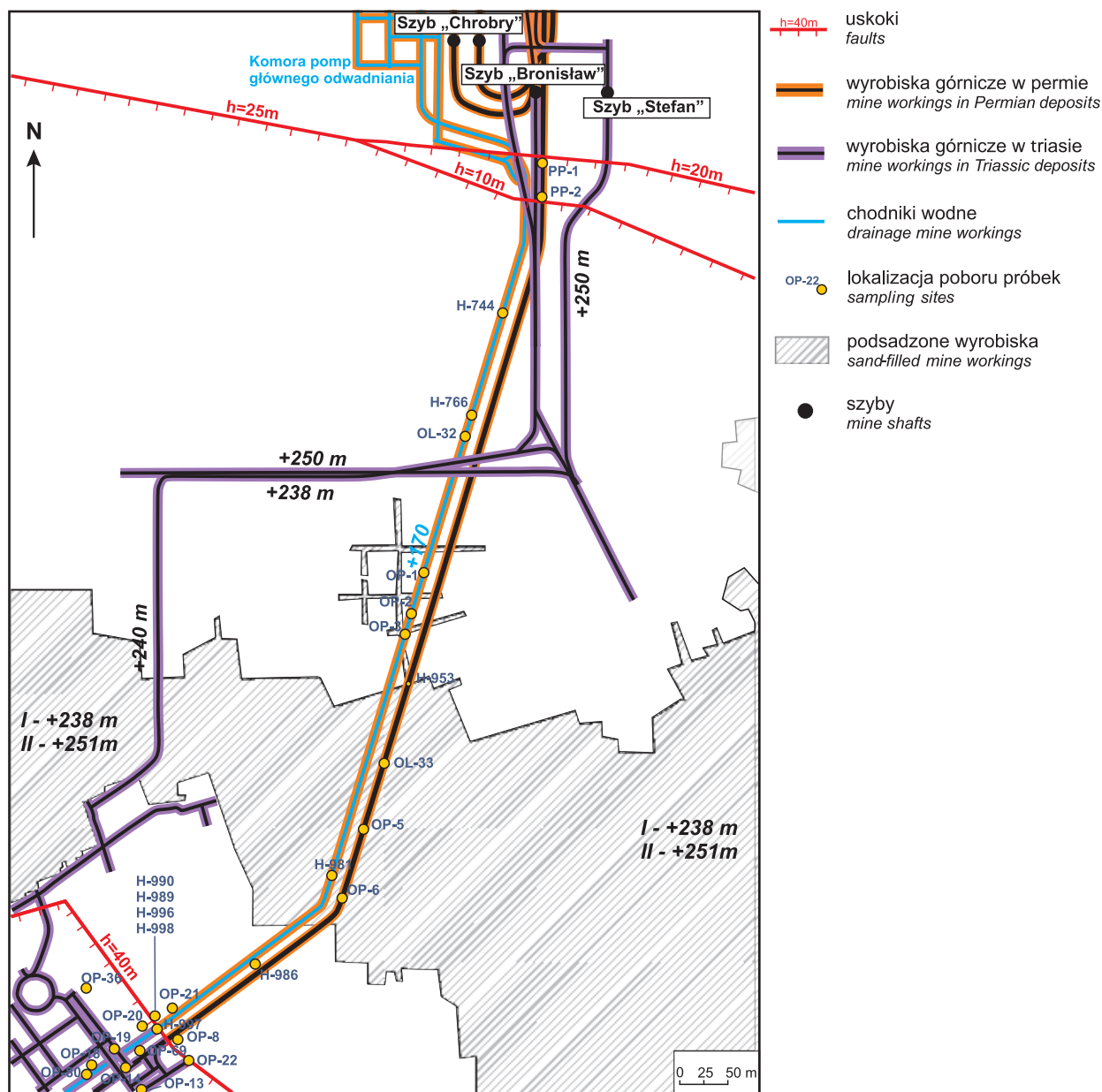


Fig. 3. Lokalizacja wycieków wody w wyrobiskach rejonu złoża Olkusz-Podpoziom

Location of water inflows in the excavations of the Olkusz-Podpoziom area

stulecia radykalnie się zmieniły. W latach osiemdziesiątych stosowano miareczkowanie (wapń, magnez, wodorowęglany, chlorki) i metody wagowe (siarczany, żelazo). Stężenie sodu i potasu wyliczano z różnicy sumy miliwali anionów i kationów, rzadziej stosując metody fotometryczne. Z początkiem lat dziewięćdziesiątych w AGH w Krakowie zaczęto wykonywać analizy przy użyciu spektrometru emisyjnego z plazmą wzbudzoną (ICP OES), dzięki czemu nastąpił radykalny postęp w analityce. W 2001 r. rozbudowano bazę laboratoryjną o spektrometr masowy (ICP MS), co poszerzyło możliwości analityczne, głównie o mikroelementy. W całym okresie badań (1986–2018) stężenie jonu chlorkowego (Cl) oznaczano metodą argentometryczną.

Od 1996 r. w wodach z wycieków w wyrobiskach złoża Olkusz-Podpoziom mierzono *in situ* przewodność elektrolityczną właściwą (PEW) oraz odczyn pH przy pomocy odpowiednich mierników. W laboratorium oznaczano alkaliczność metodą wolumetryczną przy użyciu wskaźnika mieszanego. Przy odczynie pH do 8,6 alkaliczność jest praktycznie tożsama ze stężeniem jonu wodorowęglanowego (HCO_3^-). Stężenie jonu chlorkowego oznaczano, wspomnianą wcześniej, metodą argentometryczną (metoda Mohra). Przy użyciu spektrometru emisyjnego z plazmą wzbudzoną indukcyjnie ICP AES Plasma 40 oznaczano zawartości siarki ogólnej (S), wapnia (Ca), magnezu (Mg), sodu (Na), potasu (K), żelaza (Fe), strontu

(Sr), cynku (Zn) oraz krzemionki koloidalnej (SiO_2). Zawartość siarki ogólnej przeliczano na stężenie siarczanów. Pozostałe mikroelementy oznaczano przy użyciu spektrometru masowego ICP MS, również firmy Perkin-Elmer.

WYNIKI BADAŃ

Mineralizacja ogólna wód z wycieków w utworach permu mieściła się w szerokim przedziale wartości, tj. 0,35–2,34 g/l (tab. 1). Wyraźnie jednak zmniejszała się z biegiem przekopu południowego w kierunku N–S od szybu „Chrobry” do rozpatrywanej strefy uskokowej. Zmieniały się też proporcje stężeń między poszczególnymi jonami, a tym samym również typ hydrochemiczny wody. W pobliżu szybu „Chrobry” woda pobrana z dwóch wycieków w przekopie południowym w 1986 r. (fig. 3) miała mineralizację ogólną 2,34 g/l (wyciek PP-1) i 1,98 g/l (wyciek PP-2). Wśród kationów dominował sód, którego stężenie (wraz z potasem) było równe odpowiednio 697 i 567 mg/l, a wśród anionów jony: chlorkowy (766 i 620 mg/l) oraz siarczanowy (581 i 487 mg/l). Wody z tych wycieków były typu Na–Cl– SO_4 . Woda wypływająca z otworu wyprzedzającego H-744 (fig. 3) miała zbliżoną mineralizację, tzn. 1,91 g/l, a stężenie jonów chlorkowego i siarczanowego wynosiło odpowiednio 615 i 450 mg/l, zaś jonu sodowego 575 mg/l. Podobnie jak wycieki w pobliżu szybu „Chrobry”, woda z tego otworu była typu Na–Cl– SO_4 .

W trakcie drażenia przekopu południowego w kierunku omawianej strefy uskokowej pojawiło się kilka niewielkich wycieków ze zlepieńców permskich o wydajnościach rzędu kilkunastu litrów na minutę. Mineralizacja wody z tych wycieków mieściła się w przedziale 447–828 mg/l, była więc znacznie mniejsza niż z wycieków bliżej szybu „Chrobry”. Typ hydrochemiczny wody zmienił się na Na– HCO_3 –Cl, a w wycieku OL-33 (fig. 2) na rzadki typ Na– HCO_3 . Nadal wśród kationów dominował sód, którego stężenie mieściło się w przedziale 99–226 mg/l, a wśród anionów jony wodorowęglanowy i chlorkowy, których stężenia mieściły się w przedziale, odpowiednio 262–335 mg/l oraz 28–134 mg/l.

W czasie badań składu chemicznego wód z wycieków ze zlepieńców permskich w przekopie południowym możliwości analizy stężeń mikroelementów były bardzo ograniczone. Zakres stężeń tych mikroelementów zestawiono w tabeli 1. Należy odnotować podwyższone stężenia boru (0,016–2,05 mg/l), strontu (0,05–0,71 mg/l) oraz litu (0,001–0,084 mg/l).

W pobliżu omawianej strefy uskokowej wykonano analizę wody ze zlepieńców permu, wypływającej z otworu wyprzedzającego H-986 (grudzień 1997 r.) i z wycieku OP-8 (lipiec 2001 r.). Mineralizacja wody z otworu H-986 (fig. 3) była równa 0,38 g/l i była typu Ca–Mg–Na– HCO_3 , a mineralizacja wody z wycieku OP-8 wynosiła 0,39 g/l i jej typ hydrochemiczny był Ca–Mg– HCO_3 – SO_4 .

Pod koniec 1998 r. z przekopu południowego przed strefą uskokową wykonano cztery otwory wyprzedzające, gdzie przewiercono tę strefę w celu rozpoznania warunków wod-

Tabela 1

Podstawowe statystyki dla właściwości fizykochemicznych wód z badanych wycieków

Basic statistics for physicochemical properties of waters from the investigated inflows

		Wycieki z utworów permu				Wycieki z utworów triasu			
		min.	maks.	średnia	mediana	min.	maks.	średnia	mediana
Mineralizacja		0,35	2,34	0,78	0,56	0,32	0,79	0,43	0,40
pH	–	7,07	8,35	7,68	7,69	7,40	8,41	7,86	7,82
Y	–	395	1013	595	523	387	982	522	483
Ca	[mg/l]	11,7	100,5	45,4	38,0	13,4	162,0	76,8	73,2
Mg	[mg/l]	6,23	38,20	17,35	15,54	5,98	39,20	20,36	19,78
Na	[mg/l]	1,66	697,00	169,61	100,50	1,07	5,21	2,88	2,97
K	[mg/l]	1,13	11,01	6,66	7,20	0,24	12,38	2,41	1,38
HCO_3	[mg/l]	189,2	355,8	253,2	260,7	187,3	331,4	220,1	212,6
SO_4	[mg/l]	27,0	581,0	131,7	59,3	12,0	352,2	88,0	68,4
Cl	[mg/l]	5,7	766,0	149,9	49,5	2,2	24,8	10,0	10,6
SiO_2	[mg/l]	6,35	9,63	7,59	7,69	5,58	17,53	7,86	7,14
B	[mg/l]	0,0158	2,0530	0,9006	0,9410	0,0001	0,5050	0,0714	0,0205
Ba	[mg/l]	0,0170	0,0840	0,0372	0,0310	0,0238	0,1000	0,0438	0,0346
Fe	[mg/l]	–	–	–	–	0,002	1,410	0,395	0,382
Li	[mg/l]	0,0011	0,0840	0,0387	0,0410	0,0011	0,0310	0,0036	0,0015
Mn	[mg/l]	0,0056	0,0900	0,0171	0,0100	0,0018	0,0994	0,0285	0,0195
Sr	[mg/l]	0,0549	0,7100	0,3707	0,3420	0,0475	0,2990	0,0910	0,0679
Zn	[mg/l]	0,002	1,050	0,283	0,015	0,002	3,720	0,925	0,754
Pb	[mg/l]	–	–	–	–	0,0047	0,0626	0,0236	0,0102
Mo	[mg/l]	–	–	–	–	0,0009	0,0253	0,0138	0,0144

nych w węglanowych skałach triasowych (fig. 3). Wydajność wypływów wody z tych otworów mieściła się w szerokim przedziale wartości 50–1500 l/min. Pobrano z nich 4 próbki wody. Mineralizacja ogólna wody, wypływającej z tych otworów, mieściła się w przedziale 320–575 mg/l. Wśród głównych kationów dominował wapń (53–100 mg/l) i magnez (18–29 mg/l), a wśród anionów wodorowęglany (187–331 mg/l) i siarczany (38–68 mg/l). Stężenie chlorków mieściło się w przedziale od kilku do kilkunastu miligramów na litr (tab. 1). Wody wypływające z tych otworów były w zdecydowanej większości typu Ca–Mg–HCO₃–SO₄, a w jednym przypadku była typu Ca–Mg–HCO₃. W wodzie z tych otworów stężenie żelaza mieściło się w przedziale od poniżej 0,01 do 0,45 mg/l, a cynku od poniżej 0,002 do 0,18 mg/l. Stężenie strontu mieściło się w przedziale 0,063–0,094 mg/l, natomiast bor i lit wykryto tylko w dwóch próbkach wody (granica wykrywalności w obu przypadkach była równa 0,01 mg/l), a ich stężenie było równe 0,07 i 0,51 mg/l (bor) oraz 0,001 i 0,031 mg/l (lit).

W wyrobiskach górniczych, których funkcją było przygotowanie złoża rud Zn–Pb do eksploatacji w zrzuconym skrzydle omawianego uskoku, zarejestrowano wiele wycieków wody z węglanowych skał triasowych o wydajności od kilku do paru set litrów na minutę. Na potrzeby niniejszej pracy uwzględniono skład chemiczny wód z wycieków w pobliżu strefy uskoku, które zarejestrowano do końca 2003 r. (fig. 3). Mineralizacja tych wód mieściła się w przedziale 390–790 mg/l i ze względu na dominujące jony wapnia, magnezu, wodorowęglanów i siarczanów były one typu Ca–Mg–HCO₃–SO₄ lub w dwóch przypadkach (wycieki OP-18 i OP-20; fig. 3) typu Ca–Mg–SO₄–HCO₃. Skrajne i średnie wartości stężeń głównych jonów zestawiono w tabeli 1. Stężenia mikroelementów, związanych z rudami siarczkowymi Zn–Pb, są wyraźnie podwyższone (tab. 1). Stężenia cynku mieszczą się w przedziale 0,002–3,72 mg/l, ołowiu 0,005–0,063 mg/l, żelaza od poniżej 0,002 do 1,41 mg/l.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Mineralizacja wód podziemnych w zlepieńcach permu zwiększa się w ich profilu pionowym, co stwierdzono przy okazji drążenia wyrobisk górniczych w tych skałach w sąsiedniej kopalni rud Zn–Pb „Pomorzany” (Motyka i in., 1972; Adamczyk i in., 1978; Motyka, Postawa, 2013a, b). Zgodnie z opisaną przez wymienionych autorów strefowością hydrogeochemiczną w pobliżu stropu zlepieńców permu dominują słodkie wody wielojonowe, a w miarę wzrostu głębokości mineralizacja wód podziemnych rośnie do około 5 g/l, a typ hydrochemiczny zmienia się na Na–Cl–SO₄, a rzadziej Na–SO₄. Jeszcze głębiej, gdzie mineralizacja przekracza 10 g/l, występują wody typu Na–Cl. W przekopie południowym, w części drążonej w zlepieńcach permu, stwierdzony wypływ wody w pobliżu szybu „Chrobry” o mineralizacji ok. 2 g/l był typu Na–Cl–SO₄, a więc podobnie jak w kopalni „Pomorzany” w tej kategorii wód. W miarę postępu wyrobiska ku

południowi i zbliżania się do stropu zlepieńców permu zmniejszała się mineralizacja wód z wycieków, a głównymi jonami były sód, wodorowęglany i chlorki, co też potwierdza wyniki wcześniejszych badań.

W pobliżu kontaktu tektonicznego perm–trias wody z wycieków były słabo zmineralizowane i wielojonowe z dwóch powodów: po pierwsze – wyrobisko było drążone w pobliżu stropu utworów permu, po drugie – w strefie uskoku woda w zlepieńcach permu miesza się ze słodką wodą z wyżej zalegających utworów triasu i typ hydrochemiczny wód zmieszanych jest wielojonowy i podobny w obu piętrach stratygraficznych (fig. 4). Zdaniem Adamczyka i in. (1978) obserwowana strefowość hydrochemiczna w skałach permu jest wynikiem nakładania się procesów dyfuzji i konwekcji. W strefach spękań, związanych z uskokami, gdzie istotną rolę odgrywała konwekcja słodkich wód z wyżej zalegającymi skałami triasowymi, obserwowano ujemne anomalie hydrochemiczne (Motyka i in., 1972; Adamczyk i in., 1978).

Niezależnie od genezy wody wycieki z utworów permu mają cechy charakterystyczne związane z rozpuszczaniem ewaporatów. Świadczy o tym molarny stosunek strontu do wapnia (Hem, 1992). Według Hsissou i in. (1996) stosunek mSr/mCa przekraczający 1‰ wskazuje, że na skład chemiczny wody ma wpływ rozpuszczanie ewaporatów. Żyłły gipsowe występują w łożyskach permu (tzw. gliny sławkowskie) w okolicy Sławkowa, na zachód od rejonu złoża Olkusz–Podpoziom. W badanych wyciekach ten stosunek mieści się w przedziale od 3,3‰ – w pobliżu rozpatrywanej strefy uskoku (otwór H-986) do 16,4‰ – w środkowej części przekopu (wyciek OP-3, fig. 3). Woda z otworu H-986 w pobliżu strefy uskoku, pomimo znacznego rozcieńczenia (mineralizacja 380 mg/l) i zmiany typu hydrochemicznego na czterojonowy z przewagą wapnia i magnezu, nadal miała ślady rozpuszczania ewaporatów. Stosunkowo wysokie wartości stosunku molarnego jonów chlorkowego i siarczanowego w wodach z wycieków ze zlepieńców permu w części przekopu oddalonej od strefy uskoku, mieszczą się w przedziale 1,13–2,36. W sąsiedztwie tej strefy (otwór H-986) stosunek ten jest równy 0,29, co jest wynikiem wspomnianego wcześniej procesu mieszania się wód ze zlepieńców permu i z wyżej zalegającymi węglanowymi skałami triasowymi.

W zrzuconym skrzydle uskoku przekop południowy oraz wyrobiska udostępniające i rozcinające złoża rud Zn–Pb były drążone w dolomitach i wapieniach triasowych. W tych skałach dominują młode wody infiltracyjne. W warunkach naturalnych są one słabo zmineralizowane (tab. 1), a ich typ hydrochemiczny jest zgodny z litologią skał otaczających (dolomity, wapienie), a więc Ca–Mg–HCO₃ lub częściowej Ca–Mg–HCO₃–SO₄. Za poglądem, że są to wody infiltracyjne przemawiają też małe wartości ilorazu molarnego mSr/mCa < 1000, mieszczące się w przedziale 0,28–0,63‰, a tylko w dwóch przypadkach 1,26 i 2,24‰ na kontakcie perm–trias oraz niewielkie wartości stosunków mCl/mSO₄, które zawierały się w granicach 0,04–0,34.

W zachodniej części sieci wyrobisk w złożu Olkusz–Podpoziom w dwóch wyciekach wody o największej minerali-

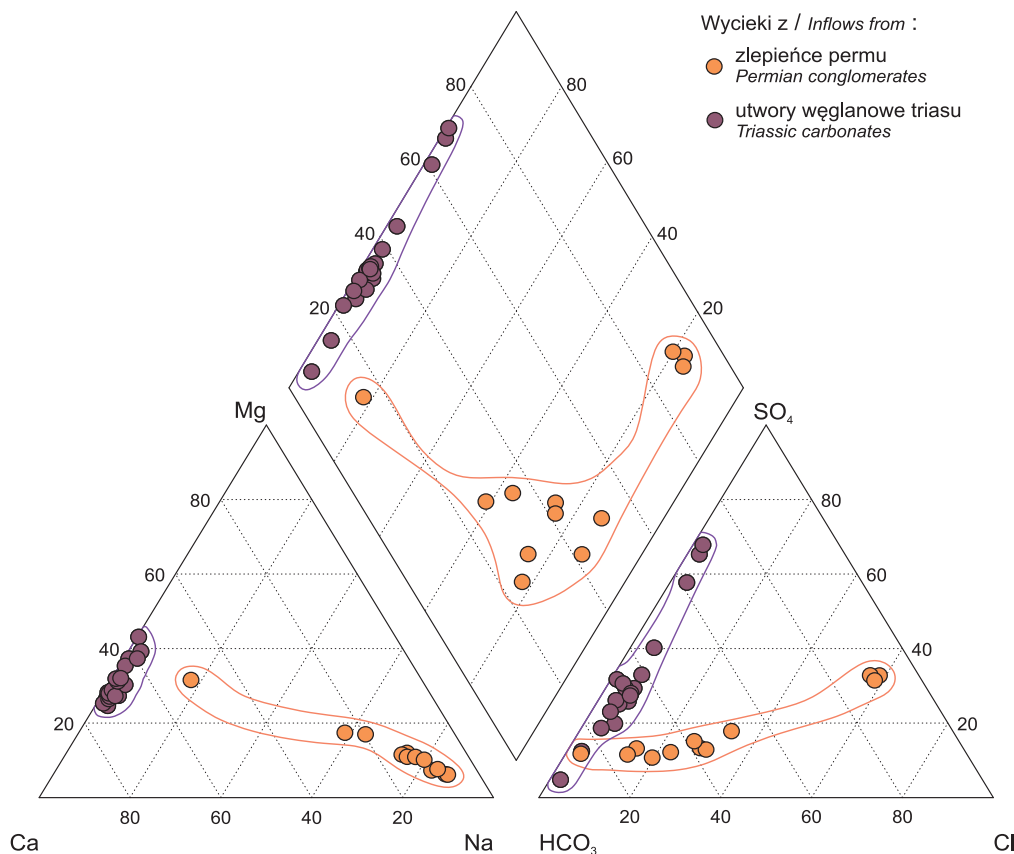


Fig. 4. Diagram Pipera dla badanych wycieków

Piper Diagram for investigated inflows

zacji (OP-18 i OP-20) były typu $\text{Ca-Mg-SO}_4\text{-HCO}_3$, dzięki wysokim stężeniom siarczanów, odpowiednio 243 i 352 mg/l. Podwyższone stężenie tego jonu (126 mg/l) stwierdzono również w wodzie z wycieku OP-19, który znajdował się między wspomnianymi wypływami (fig. 3). Możliwe są dwie przyczyny anomalnych stężeń jonu SO_4 w wodach tych trzech wycieków. Utlenianie siarczków w środowisku skał węglanowych powoduje tworzenie się łatwo rozpuszczalnych hydroksy siarczanów, głównie wapnia, magnezu i żelaza (Dold, 2017). Najbliżej omawianych wycieków znajdują się podsadzane wyrobiska eksploatacyjne zlikwidowanej kopalni „Olkusz” (fig. 3), w której główne chodniki były na rzędnej 238 m n.p.m., a więc nieco ponad 60 m wyżej, niż rzędna przekopu południowego w omawianej strefie uskokuwej (175 m n.p.m.). Wody infiltrujące przez te zlikwidowane wyrobiska poeksploatacyjne do wyrobisk w złożu Olkusz-Podpoziom wzbogacały wycieki OP-18, OP-19 i OP-20 w jony siarczanowe, wapniowe i magnezowe.

Drugą przyczyną anomalii siarczanowej w trzech wspomnianych wyciekach może być migracja odcieków ze składowiska odpadów poflotacyjnych, znajdujących się od nich około kilometra na zachód (fig. 1). Według Adamczyka i in. (1995) w wodzie nadosadowej w tym składowisku stężenie siarczanów mieściło się w granicach 1200–1400 mg/l. Według cytowanych autorów część wody, infiltrującej z tego składowiska do podłoża, migruje w kierunku wschodnim

do wyrobisk dawnej kopalni „Olkusz”, a więc tym bardziej może migrować do wyrobisk w złożu Olkusz-Podpoziom. Oczywiście nie można wykluczyć, że przyczyną podwyższonych stężeń siarczanów we wspomnianych wyciekach są obydwa ogniska zanieczyszczeń, tzn. stare zroby kopalni „Olkusz” i odcieki ze składowiska odpadów poflotacyjnych.

PODSUMOWANIE

Złoże rud Zn-Pb Olkusz-Podpoziom jest fragmentem serii złożowej w rejonie olkuskim. Zalega ono w utworach triasu środkowego (dolomity kruszczońskie) w niewielkim rowie tektonicznym. Udostępniono je z szybu „Chrobry” (kopalnia „Pomorzany”) przekopem wykonanym do strefy uskokuwej w zlepieńcach permu, podścielających węglanowe skały triasowe. Na podstawie wyników badań składu chemicznego wycieków wody w wyrobisku potwierdzono strefowość hydrochemiczną w utworach permu, opisaną w kopalni „Pomorzany” we wcześniejszych pracach. Wody o mineralizacji 1,9–2,3 g/l były typu Na-Cl-SO_4 , a w miarę zmniejszania się mineralizacji do kilkuset mg/l zmieniały się na $\text{Na-HCO}_3\text{-Cl}$ (w jednym przypadku Na-HCO_3), w strefie uskokuwej wody ze zlepieńców permskich, której mineralizacja była poniżej 0,4 g/l były typu $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$ lub Ca-Mg-Na-HCO_3 . Strefowość hydrochemiczna w utworach permu wynika

z działania dyfuzji, a w strefach spękań dodatkowo nakłada się konwekcyjny dopływ słodkich wód z nadległych węglanowych skał triasowych.

Na skład chemiczny wody z wycieków w wyrobiskach górniczych w zrzuconym skrzydle omawianej dyslokacji miał wpływ przede wszystkim charakter skał otaczających (dolomity i wapienie), a podrzędnie także dopływ wód o podwyższonej mineralizacji, związanej z rozpuszczaniem produktów wietrzenia siarczków metali, głównie żelaza w środowisku dolomitów i wapieni. Są to przede wszystkim hydroksy siarczan wapnia (gips) i magnezu (heksahydrat, epsomit). Wody naturalne o mineralizacji 400–500 mg/l były więc najczęściej typu Ca–Mg–HCO₃–SO₄, a rzadziej Ca–Mg–HCO₃. Wody zanieczyszczone miały mineralizację 500–800 mg/l i były typu Ca–Mg–SO₄–HCO₃ przy stężeniu siarczanów 250 i 350 mg/l oraz Ca–Mg–HCO₃–SO₄ przy stężeniu siarczanów 120 mg/l. W wodach naturalnych stężenie tego jonu mieściło się w przedziale 40–80 mg/l. Zanieczyszczone wody, które dopływały do wyrobisk w węglanowych skałach triasowych, mogły migrować ze znajdujących się o ok. 60 m wyżej wyrobisk poeksploatacyjnych dawnej kopalni „Olkusz” i/lub z odcieków infiltrujących ze składowiska odpadów poflotacyjnych, położonych ok. 1 km na zachód od wyrobisk w złożu Olkusz-Podpoziom.

LITERATURA

ADAMCZYK A.F., MOTYKA J., WILK Z., WITCZAK S., 1978 – Słone wody w osadach permjskich północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Rocz. PTG*, **48**, 3/4: 537–558.

- ADAMCZYK A.F., HAŁADUS A., KRAWIEC A., 1995 – Wpływ stawów odpadów poflotacyjnych na jakość wód kopalnianych w rejonie olkuskim – stan obecny i prognoza. *W: VII Sympozjum „Współczesne problemy hydrogeologii”*. Kraków-Krynica 1995: 31–37. ZHiOW AGH, Kraków.
- DOLD B., 2017 – Acid rock drainage prediction: A critical review. *J. Geochem. Explor.*, **172**: 120–132.
- HEM J.D., 1992 – Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. *US Geol. Survey, Water-Supply Pap.*, **2254**, 264.
- HSISSOU Y., CHAUVE P., MANIA J., MANGIN A., BAKALOWICZ M., Gaiz A., 1996 – Caractérisation des eaux de l'aquifère turonien du bassin du Tadla (Maroc) par le rapport des concentrations molaires Sr²⁺/Ca²⁺. *J. Hydrology*, **183**: 445–451.
- KRAJEWSKI S., MOTYKA J., 1999 – Model sieci hydraulicznej w skałach węglanowych w Polsce. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **388**: 115–138.
- MOTYKA J., POSTAWA A., 2013a – Zmiany składu chemicznego wód w utworach permu w kopalni rud Zn-Pb Pomorzany w rejonie Olkusza. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **456**: 413–418.
- MOTYKA J., POSTAWA A., 2013b – Impact of Zn-Pb mining in the Olkusz ore district on the Permian aquifer (SW Poland). *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **20**: 7582–7589.
- MOTYKA J., NIEWDANA J., WITCZAK S., 1972 – Hydrochemiczna metoda przewidywania zawodnienia stref uskokowych w warunkach jednej z kopalń rud cynku i ołowiu. *Zesz. Nauk. AGH, Zesz. Spec.*, **37**: 141–157.
- ŚLIWIŃSKI S., 1961 – Warstwy olkuskie. *Rudy i Metale*, **12**: 526–529.
- WILK Z., MOTYKA J., 1977 – Kontakty między poziomami wodonośnymi w olkuskim rejonie kopalnictwa rud. *Rocz. PTG*, **47**, 1: 115–143.

SUMMARY

The deposits of zinc and lead ores in the Olkusz region are part of the mineralization zone in the Triassic carbonate rocks, in the north-eastern rim of the Upper Silesian Coal Basin. Zn-Pb ores are underlain with Permian conglomerates. At the end of the eighties of the last century, a decision was taken to make available the Zn-Pb ore deposit Olkusz-Podpoziom, lying in a small rift valley southwest of the “Olkusz” mine. From the “Chrobry” shaft (“Pomorzany” mine), more than a kilometer long cross-cut was drilled in Permian conglomerates making Olkusz-Podpoziom deposit available. The excavation crossed the tectonic zone and cutting of the deposit (Trias) with a network of workings and preparation for exploitation began. Both in the cross-cut segments drilled in Permian conglomerates and in the Triassic carbonate rocks there occurred water leaks. Water samples were collected during the excavation in order to investigate the chemical composition. On the basis of the results of the chemical analysis of water inflows in the excavation, the hydrochemical zonation of the Permian deposits in the “Pomorzany” mine was confirmed. Mineralization and chemical type of samples changed along with the drilling progress

from mineralized waters approx. 2 g/l of the Na–Cl–SO₄ type in the vicinity of the Chrobry shaft, to waters with mineralization 447 to 828 mg/l of Na–HCO₃–Cl type. In the area of tectonic Perm–Trias contact, water from inflows was poorly mineralized and multion for two reasons: firstly, the excavation was drilled near the Permian ceiling, and secondly, water in Permian conglomerates in the fault zone mixes with fresh water from the overlying Triassic deposits. In the dropped wing of the fault, the southern cross-cut and excavations cutting the Zn-Pb ore deposit were drilled in the dolomites and Triassic limestones. Young infiltration waters prevail in these rocks. In natural conditions they are poorly, and their hydrochemical type is consistent with the lithology of the surrounding rocks (dolomites, limestones), that is Ca–Mg–HCO₃ or more often Ca–Mg–HCO₃–SO₄. In the part of the analyzed samples of water from Olkusz-Podpoziom deposit, the presence of sulphate anomalies was found. The reasons for that could be: weathering of metal sulphides, mainly of iron, inflow of water from former “Olkusz” mine excavations lying above, as well as migration of leachates infiltrating from the flotation waste site.