

ZMIANY SKŁADU CHEMICZNEGO WÓD W UTWORACH PERMU W KOPALNI RUD Zn-Pb POMORZANY W REJONIE OLKUSZA

CHANGES IN CHEMICAL COMPOSITION OF WATERS WITHIN PERMIAN SEDIMENTS IN Zn-Pb ORE MINE POMORZANY NEAR OLKUSZ

JACEK MOTYKA¹, ADAM POSTAWA¹

Abstrakt. W pracy przedstawiono wyniki prowadzonych od ponad 40 lat badań składu chemicznego wód w obrębie piętra permiego w rejonie kopalni rud cynkowo-ołowiowych Pomorzany w rejonie Olkusza. Zostały opisane krótko i długoterminowe efekty prowadzenia działalności górniczej i odwadniania wyrobisk kopalni, poprowadzonych w utworach permu i nadległych utworach triasu.

Słowa kluczowe: hydrogeologia górnicza, górnictwo Zn-Pb, drenaż górniczy, kopalnia Pomorzany.

Abstract. In a paper the results of over 40 years' hydrochemical investigations of waters occurring within Permian sediments in Pomorzany mine near Olkusz are presented. Short-term and long-term effects of mining activities and dewatering of Permian and Triassic aquifers on groundwater chemistry are described.

Key words: mining hydrogeology, Zn-Pb mining, mining drainage, Pomorzany mine.

WSTĘP

Złoże rud cynku i ołowiu, eksploatowane w kopalni Pomorzany, jest częścią strefy okruszcowania węglanowych utworów triasu w północno-wschodnim obrzeżeniu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Złoże to należy do grupy stratyfikowanych złóż typu Mississippi Valley Type (MVT). W rejonie olkuskim skały kruszconośne były wydobywane przypuszczalnie już w neolicie, ale początek ich eksploatacji został potwierdzony w pierwszym polskim źródle pisanym z początku XII w. Już mniej więcej od XV-stulecia eksploatację kruszców coraz bardziej utrudniała woda podziemna, zalewająca wyrobiska górnicze. Rozwój technik odwadniania, początkowo sztolnia-

mi, a następnie, w miarę postępu technologicznego pompami, umożliwiał eksploatację rud cynku i ołowiu coraz głębiej, poniżej poziomu wód podziemnych.

Pod koniec lat pięćdziesiątych XX w. rozpoczęto budowę kopalni Olkusz, której główne chodniki odwadniające znajdowały się około 80–90 m poniżej naturalnego poziomu wód podziemnych, w węglanowych skałach triasowych. W trakcie drażenia wyrobisk udostępniających – zdarzały się nagle wdarcia wody z kanałów krasowych, sięgające blisko 50 m³/min (0,8 m³/s), które bardzo utrudniały i spowalniały postęp robót górniczych (Wilk i in., 1971).

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

Z końcem lat sześćdziesiątych XX stulecia rozpoczęto budowę kopalni Pomorzany, największej i najgłębszej w rejonie olkuskim. Projektanci wzięli pod uwagę doświadczenia z okresu udostępniania złoża kopalni Olkusz, związane z niespodziewanymi wdarzeniami wody do wyrobisk z kanałów krasowych. Aby przyspieszyć udostępnienie złoża kopalni Pomorzany zrezygnowano z klasycznego rozwiązania, które polegało na zgłębieniu szybów i drażeniu z nich głównych przekopów, udostępniających złożo. Zamiast tego, główne wyrobiska udostępniające zostały wykonane w słabo przepuszczalnych zlepieńcach permskich, rozpoczynając z podszybia szybów kopalni Olkusz. Takie rozwiązanie, choć prawdopodobnie nieekonomiczne, było świadectwem wysokiego poziomu polskiej sztuki górniczej. Umożliwiło rozwinięcie szerokiego frontu odwadniania i tym samym znaczne skrócenie czasu udostępniania złoża Pomorzany.

Dzięki takiemu sposobowi udostępniania złoża, była możliwość wykonania badań hydrogeochemicznych wód z utworów permu, zarówno w trakcie wykonywania wyrobisk, jak i później, po kilkudziesięciu latach. Dało to możliwość prześledzenia zmian składu chemicznego wycieków ze zlepieńców permskich w czasie kształtowania się nowej równowagi hydrodynamicznej, pod wpływem drenażu górniczego. Naturalny poziom zwierciadła wody w utworach permskich obniżał się w tym czasie do nowego stanu ustalonego, określonego położeniem udostępniających wyrobisk górniczych. Powtórzenie badań składu chemicznego wód z czynnych wycieków po wielu latach umożliwiło ukazanie wpływu naturalnych procesów geochemicznych, zachodzących w górotworze wskutek zmiany pierwotnych warunków oksydacyjno-redukcyjnych.

HYDROGEOLOGICZNE WARUNKI UDOSTĘPNIANIA ZŁOŻA KOPALNI POMORZANY

W profilu geologicznym, w olkuskim rejonie kopalnictwa rud cynku i ołowiu, występują cztery piętra wodonośne: czwartorzędowe, jurajskie, triasowe i karbońsko-dewońskie (paleozoiczne).

Wodonośne piętro czwartorzędowe tworzą piaski i żwiry fluwioglacjalne, które są zbiornikiem wód podziemnych typu porowego. Piętro wodonośne jurajskie budują wapienie jury górnej, które ze względu na obecność pustek krasowych są zbiornikiem wód podziemnych typu szczelinowo-krasowego. Utwory tego piętra nie występują w rejonie badań. Piętro wodonośne triasowe jest zbudowane z dolomitów i wapieni triasu środkowego i dolnego. Jest ono zbiornikiem wód podziemnych typu porowo-szczelinowo-krasowego (Motyka, 1998). Piętro paleozoiczne tworzą wapienie i dolomity karbону dolnego (wapień węglowy) i dewonu, które są zbiornikiem

wód podziemnych typu szczelinowo-krasowego. Poszczególne piętra wodonośne, w różnych częściach rejonu olkuskiego, są od siebie odizolowane skałami słabo przepuszczalnymi bądź też są ze sobą połączone poprzez strefy różnorodnych kontaktów hydraulicznych (Wilk, Motyka, 1977).

Przyjęcie koncepcji drażenia głównych wyrobisk, udostępniających złożo rud cynku i ołowiu w kopalni Pomorzany w zlepieńcach permu, wynikało z jednej strony z budowy geologicznej, a z drugiej z chęci ograniczenia spodziewanych, dużych dopływów wody do tej kopalni z węglanowych skał triasowych w początkowej fazie udostępniania złoża. Kluczowe znaczenie miało tu położenie względem siebie złóż kopalń Olkusz i Pomorzany, które są zlokalizowane w rowach tektonicznych, oddzielonych od siebie zrębem olkuskim (fig. 1).

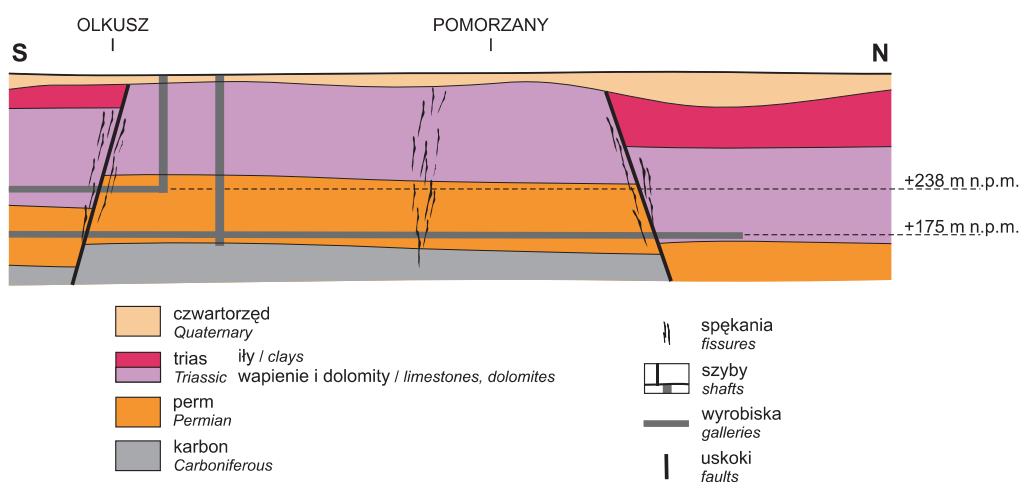


Fig. 1. Schematyczny przekrój tektoniczny S–N w rejonie kopalni Pomorzany

Pomorzany mine vicinity. Schematic tectonic sketch S–N

Główne wyrobiska, udostępniające złoża kopalni Pomorzany, zaczęto drążyć z początkiem lat siedemdziesiątych zeszłego wieku z kopalni Olkusz. Po wykonaniu w utworach permu upadowej do poziomu + 175 m n.p.m., wykonano przekop główny, biegnący w kierunku zachodnim, mniej więcej zgodnie z biegiem uskoku Pomorzany. Następnie poprowadzono sześć przekopów drugiego rzędu (przekopy polowe) w kie-

runku północnym, prostopadle do uskoku Pomorzany. Przekopami tymi przekroczone uskok Pomorzany w celu odwodnienia węglanowych skał triasowych, zalegających poniżej skał rudonośnych. W zlepieńcach permu wykonano około 10 km wyrobisk udostępniających złoża kopalni Pomorzany, w których zarejestrowano około 80 wycieków wody.

SKŁAD CHEMICZNY WÓD Z WYCIEKÓW

W trakcie drażenia wyrobisk udostępniających złoża kopalni Pomorzany, w zlepieńcach permu pojawiały się wypływy wody o mineralizacji od 0,3 do 22 g/l i w związku z tym o różnorodnym składzie chemicznym (Motyka i in., 1972; Witczak i in., 1975; Adameczyk i in., 1978). Wyraźnie zaznaczała się tu normalna pionowa strefowość hydrogeochemiczna. Wraz z głębokością wyrobisk, liczoną od stropu utworów permu, rosła mineralizacja wód z wycieków oraz z otworów wyprzedzających, których zadaniem było rozpoznanie warunków wodnych przed czołem wyrobisk udostępniających. W zależności od mineralizacji zmieniał się typ hydrochemiczny wód. Wody słodkie, o mineralizacji poniżej 1 g/l, były na ogół wielojonowe, o różnej kombinacji głównych jonów. Dominował typ $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ oraz $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na-Mg-Ca}$, ale występowały też wody typu $\text{Na-Ca-Mg-HCO}_3\text{-Cl-SO}_4$, $\text{Na-Mg-Ca-Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ oraz $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Mg-Na}$. W miarę wzrostu mineralizacji wśród kationów wzrastał udział magnezu kosztem wapnia, a wśród anionów rósł udział siarczanów i chlorków kosztem wodorowęglanów.

W wodach o mineralizacji od 1 do 5 g/l wśród kationów dominował sód, a przy mniejszych mineralizacjach w znaczących ilościach pojawiał się magnez i wapń. Pośród anionów przeważały siarczany, ale w bardziej słodkich wodach (około 1 g/l) zwykle dominowały wodorowęglany, zaś w tych o mineralizacji bliżej 5 g/l przeważały chlorki. Większość tych wód była typu Na-Cl-SO_4 lub Na-SO_4 , a w niektórych przypadkach wody tej grupy miały podwyższoną zawartość magnezu i wapnia oraz wodorowęglanów.

W wodach o mineralizacji od 5 do 10 g/l, wśród kationów dominował sód, a wśród anionów chlorki. W niektórych stwierdzano podwyższone stężenia wapnia, magnezu i siarczanów, które wpływały na typ hydrochemiczny badanych wód. Wody o mineralizacji ogólnej powyżej 10 g/l były typu Cl-Na , czyli praktycznie rzecz biorąc, były roztworami chlorku sodu. W niektórych próbkach stwierdzono podwyższone stężenia siarczanów oraz wapnia i magnezu, ale nie wpływały one na typ hydrochemiczny badanych próbek wody.

Większość wycieków we wschodniej części kopalni zanikała w naturalny sposób, w okresie od kilkunastu godzin do kilku miesięcy. Inne zostały zlikwidowane poprzez szczelną zabudowę chodników. Tylko nieliczne z nich były

aktywne przez wiele lat. Szybkie zmniejszanie się mineralizacji wód z wycieków, wypływających z utworów permu we wschodniej części kopalni Pomorzany pod wpływem drenażu górniczego, było obserwowane we wszystkich punktach, w których pobrano przynajmniej dwie próbki wody w różnym czasie. Powodem tego było przepływanie mniej zmineralizowanej wody ze stropowych warstw molasy permskiej, a najprawdopodobniej także słodkich wód z węglanowych skał triasowych, zalegających w nadkładzie utworów permskich. Zachodził tu proces descensyjnego mieszania się wód o różnej mineralizacji wskutek zmniejszenia się naturalnego ciśnienia hydrodynamicznego w zlepieńcach permskich. Inną przyczyną zmiany składu chemicznego wód, z wypływów ze zlepieńców permskich we wschodniej części kopalni Pomorzany po długim czasie, jest descenzja wód z węglanowych utworów triasu. Mają one skład chemiczny zmieniony pod wpływem naturalnego procesu wietrzenia siarczków metali, głównie żelaza (Czop i in., 2006). Powstałe w ten sposób kwaśne roztwory zostały zneutralizowane w środowisku skał węglanowych. W efekcie nastąpił wyraźny wzrost stężenia w wodzie siarczanów oraz wapnia i magnezu (fig. 2).

W zachodniej części kopalni zmiany składu chemicznego wód, wypływających z utworów permu pod wpływem drenażu górniczego, są spowodowane nie tylko buforowaniem kwaśnych roztworów w środowisku skał węglanowych, ale również migracją zanieczyszczonych wód z węglanowych skał triasowych z południa, od strony kopalni Bolesław i znajdującego się obok niej – składowiska odpadów poflotacyjnych. Pierwotnie, w okresie udostępniania złoża Pomorzany, w tej części kopalni zarejestrowano 5 wypływów wody z utworów permu. Były to wody słodkie o mineralizacji od 0,38 do 0,59 g/l. Stężenie wapnia mieściło się w przedziale od 24 do 58 mg/l, magnezu od 20 do 34 mg/l, sodu od 7 do 83 mg/l a potasu od 5 do 6 mg/l. Jeśli chodzi o aniony, to stężenie chlorków wynosiło od 16 do 90 mg/l, siarczanów od 40 do 128 mg/l, zaś wodorowęglanów od 232 do 250 mg/l. W tym czasie woda z wypływów była przeważnie typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$, a w jednym przypadku typu $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$. Probki wody, pobrane z wypływów w tym rejonie kopalni Pomorzany w latach 1996–2010, miały skład chemiczny całkowicie odmienny. Ich mineralizacja wynosiła od 1,47 do 5,14 g/l. Wśród kationów zdecydowanie

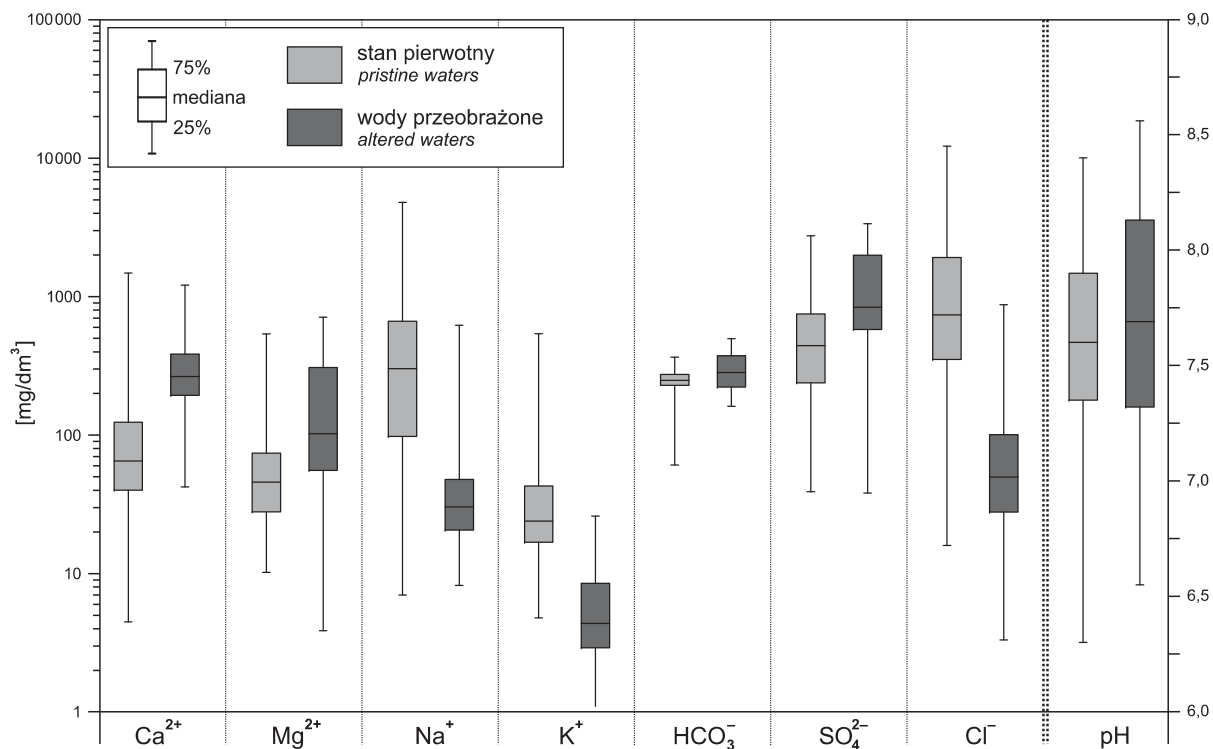


Fig. 2. Zbiorcza charakterystyka składu chemicznego wód z utworów permu w rejonie kopalni Pomorzany

Summary characteristic of groundwaters in Permian sediments near Pomorzany mine

dominował wapń i magnez, których stężenie było równe odpowiednio od 220 do 550 mg/l i od 98 do 460 mg/l. Wyższe też było stężenie sodu, które mieściło się w przedziale od 12 do 150 mg/l, zaś zakres stężeń potasu (3 do 9 mg/l) nie uległ

istotnej zmianie. Przy takich proporcjach stężeń głównych jonów typy hydrochemiczne omawianych wód uległy zmianie na Ca–Mg–SO₄–HCO₃ lub SO₄–Ca–Mg albo SO₄–Mg–Ca.

PODSUMOWANIE

W trakcie wykonywania wyrobisk udostępniających złoża rud cynku i ołowiu kopalni Pomorzany, w zlepieńcach permskich zarejestrowano około 80 wycieków wody o szerokim przedziale mineralizacji od 0,33 do 22 g/l. Były to na ogół wody wielojonowe, ale w tych najbardziej zmineralizowanych wodach zdecydowanie dominowały jony chlorkowy i sodowy. Odwadnianie zlepieńców permskich wyrobiskami górniczymi kopalni rud cynku i ołowiu Pomorzany w rejonie Olkusza doprowadziło do znaczących zmian składu chemicznego wód dopływających do tych wyrobisk. W początkowej fazie drenażu następowało wysładzanie się zmineralizowanych wód w zlepieńcach permskich w związku z dopływem słodkich wód ze stropowych partii tych skał oraz z nadkładu, zbudowanego z węglanowych skał triasowych. Widowym tego objawem był szybki spadek stężeń jonów chlorkowych. W miarę upływu czasu i powiększania się zasięgu drenażu wyrobisk górniczych, na skład chemicz-

ny wód wpływających z utworów permu do wyrobisk górniczych coraz większy wpływ miał dopływ zanieczyszczonych wód podziemnych, przede wszystkim z zachodu od strony zlikwidowanej kopalni Bolesław oraz procesy wietrzenia siarczków metali, głównie żelaza i buforowania powstałych w ten sposób produktów wietrzenia w środowisku dolomitów i wapieni środkowego triasu. Zanieczyszczone w ten sposób wody podziemne w utworach triasu migrują do utworów permu poprzez strefy uskokowe i towarzyszące im systemy spękań. Objawia się to wzrostem mineralizacji ogólnej narastającym udziałem jonów siarczanowych, magnezowych i wapniowych.

Praca powstała przy wsparciu finansowym ze środków na działalność statutową AGH w Krakowie (WGGiOŚ, 11.11.140.026).

LITERATURA

- ADAMCZYK A.F., MOTYKA J., WILK Z., WITCZAK S., 1978 — Słone wody w osadach permskich północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **48**, 3–4: 537–558.
- CZOP M., MOTYKA J., SYPOSZ-LUCZAK B., 2006 — Evaluation of the long-term sulphate release from dewatered Zn-Pb ore bearing Triassic rocks in the Olkusz districts (S Poland). *Geochim. Cosmochim. Acta*, **70** (18 suppl), A123.
- MOTYKA J., 1998 — A conceptual model of hydraulic networks in carbonate rocks, illustrated by examples from Poland. *Hydrogeol. J.*, **6**, 4: 469–482.
- 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 375, zesz. spec.*, 37: 141–157.
- WILK Z., MOTYKA J., 1977 — Kontakty między poziomami wodonośnymi w olkuskim rejonie kopalnictwa rud. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **47**, 1: 115–143.
- WILK Z., MOTYKA J., NIEWDANA J., 1971 — Charakterystyka i klasyfikacja przejawów wody w wyrobiskach kopalni pracującej w szczelinowo-krasowym poziomie wodonośnym. *Zesz. Nauk. AGH nr 292, Geologia*, **14**: 43–62.
- WITCZAK S., ADAMCZYK A.F., MOTYKA J., NIEWDANA J., 1975 — Możliwość występowania i wykorzystania wód mineralnych w rejonie Olkusza. *Probl. Uzdrow.*, **7**, 95: 177–183.

SUMMARY

Long-term extensive mining of Zn–Pb ores in Pomorzany mine and other mines in Olkusz area resulted in significant changes in chemical composition of groundwater. Mining drainage caused changes in hydrodynamic pressures field and, as a consequence, an inflow of naturally altered and antropogenically contaminated water from Triassic aquifer to Permian complex. Hydrochemical type of water occurring in Permian sediments has been evolving in two general stages. Short-term effect was a decrease in TDS (freshening) in the zones of contact with overlying Triassic limesto-

nes and dolomites. These processes are especially intense in fissured and fault zones which serve as a favourable flow paths. Long-time effect was caused mainly by migration of altered waters from Triassic aquifer. Weathering of iron sulphides produced acid solutions which were buffered by carbonate Triassic rocks. As a result of all these processes hydrochemical type of water in Permian sediments changed from multi-ion types with various combinations of ions toward higher shares of sulphates, calcium and magnesium.

