



Współczesna mineralizacja halogenkowa w kopalniach rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej

Modern halide mineralization in copper ore mines over the Fore-Sudetic Homocline, SW Poland

Mateusz ŚWIERK¹, Stanisław BURLIGA²

^{1,2} Uniwersytet Wrocławski, Instytut Nauk Geologicznych, pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław,
e-mail: ¹ mateusz.swierk@uwr.edu.pl; ² stanislaw.burliga@uwr.edu.pl

^{1,2} Wrocław University, Institute of Geological Sciences, pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław,
e-mail: ¹ mateusz.swierk@uwr.edu.pl; ² stanislaw.burliga@uwr.edu.pl

Mineralizacja miedziowa na obszarze monokliny przedsudeckiej wykształciła się w sukcesji skał osadowych pogranicza czerwonego spągowca i cechsztynu (górnym perm). Od lat 60-tych XX wieku skały te są przedmiotem górniczej eksploatacji, a powstałe wyrobiska górnicze rozciągające serię złożową rud miedzi stanowią przestrzeń, w której wskutek cyrkulacji powietrza atmosferycznego oraz roztworów złożowych i pozazłożowych dochodzi do krystalizacji szeregu minerałów wtórnych. W pracy niniejszej przedstawiono wstępne wyniki badań prowadzonych nad rozprzestrzenieniem współczesnej mineralizacji halogenkowej na obszarze eksploatacji.

Dotychczas opisano około 30 minerałów powstałych w efekcie wietrzenia minerałów rudnych, głównie siarczków i siarkosoli Cu, Pb, Fe, Zn i Ni (Siuda i in., 2017), przy czym te młode fazy mineralne w większości zidentyfikowano w pojedynczych stanowiskach badawczych. Współczesna mineralizacja chlorkowa współwystępująca z rudami miedzi na monoklinie przedsudeckiej jest opisana w kilku pracach. Piestrzyński (2016) udokumentował obecność halitu (NaCl) i atacamitu ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$) wśród minerałów z obszaru kopalni ZG Polkowice-Sieroszowice (lokalizacja miejsc opróbowania nie jest znana). Z tej samej kopalni pochodziły halogenki z grupy atacamitu: atacamit, klinoatacamit ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$), botallackit ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$), oraz paratacamit ($\text{Cu}_3(\text{Cu,Zn})(\text{OH})_6\text{Cl}_2$) przeanalizowane przez Siudę i in. (2017), a parageniza ta występowała w miejscu wycieku solanek o wysokim stężeniu chlorków (3500 mg/dm^3) w obręb wyrobiska poeksploatacyjnego rud miedzi. Występowanie wyżej wymienionych minerałów oraz herbertsmithytu ($\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{OH})_6\text{Cl}_2$), tołbaczytu (CuCl_2)

Copper mineralization over the area of the Fore-Sudetic Homocline developed in the succession of sedimentary rocks belonging to the topmost part of Rotliegend and the basal part of Zechstein (Upper Permian). Since the 1960s, these rocks have been being mined, and the mine workings, which cut through a series of copper ore deposits, constitute a space in which a number of secondary minerals could have crystallized due to the circulation of atmospheric air and mine waters. This paper presents the preliminary results of research on the distribution of modern halide mineralization over the mining area. So far, about 30 secondary minerals, originated in response to weathering and alteration of ore minerals, mainly Cu, Pb, Fe, Zn and Ni sulphides and sulphosalts (Siuda et al., 2017), have been described. The majority of these modern mineral phases was identified in singular locations and the contemporary chloride mineralization co-occurring with copper ores over the Fore-Sudetic Homocline is described only in a few publications. Piestrzyński (2016) documented the presence of halite (NaCl) and atacamite ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$) among the minerals from the Polkowice-Sieroszowice mine area (the location of the sampling sites is unknown).

In the same mine, the atacamite group halides: atacamite, clinoatacamite ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$), botallackite ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$), and paratacamite ($\text{Cu}_3(\text{Cu,Zn})(\text{OH})_6\text{Cl}_2$) were sampled and analysed by Siuda et al. (2017), and this mineral paragenesis occurred at the site of leakage of brines with a high concentration of chlorides (3500 mg / dm^3) into the copper ore mining drift. Occurrence of the above-mentioned minerals as well as of herbertsmithite ($\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{OH})_6\text{Cl}_2$), tolbachite (CuCl_2) and erichalcite ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) was also confirmed in this mine

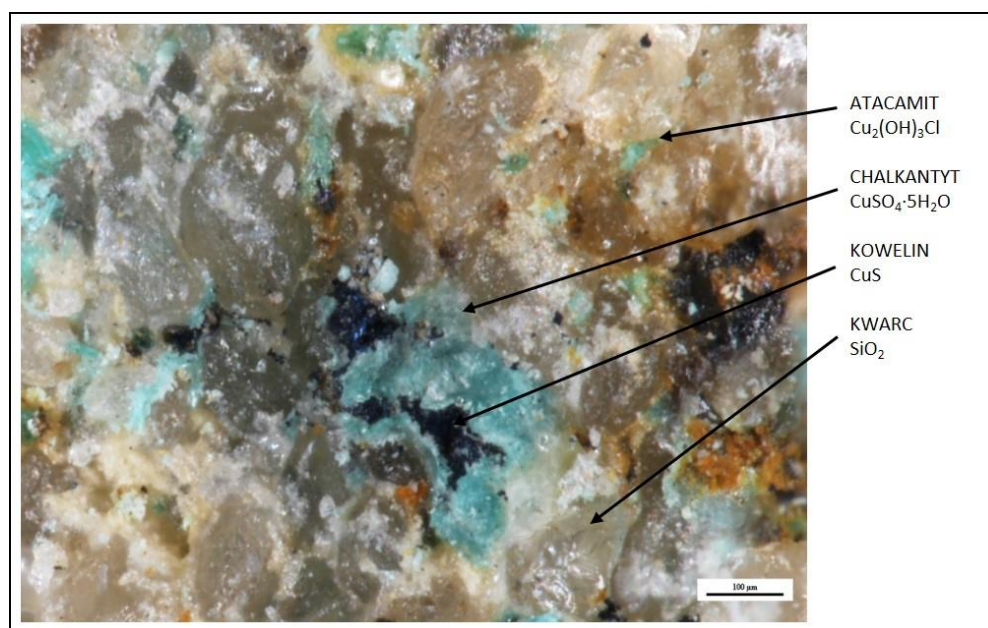
i erichalcytu ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) w tej kopalni zostało także potwierdzone przez autorów niniejszej pracy (Świerk i Burliga, 2021), a wszystkie minerały zostały zidentyfikowane za pomocą kilku metod badawczych. Preparaty analizowano w Pracowni Mikroskopii Elektronowej Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego przy użyciu (1) elektronowego mikroskopu skaningowego Jeol JSM-IT500LA z detektorem elektronów wstecznie rozproszonych (BSE) oraz spektrometrem dyspersji energii (EDS), (2) spektrometru Ramana sprzężonego z konfokalnym mikroskopem optycznym, model Renishaw inVia Qontor, z laserem diodowym o długości fali 785 nm i 532 nm oraz (3) dyfraktometru rentgenowskiego D8 ADVANCE firmy Bruker, wykorzystując do obróbki danych oprogramowanie DIFFRAC.SUITE EVA V.4. Wymienione minerały tworzą paragenезę z halitem (NaCl) w postaci wrostków i narostów na kryształach halitu, nadając im zieloną barwę. Udokumentowano je w miejscach wycieku solanek chlorkowo-sodowych o wysokim stężeniu występujących w północnej części kopalni.

W toku badań prowadzonych w roku 2022 w ZG Lubin w rejonie oddziału górniczego G-5 zlokalizowano strefę, w której w obrębie piaskowca białego spągowca okruszczonego kowelinem (CuS) w przestrzeniach międzyziarnowych wykrył drobnokrystaliczny atacamit (ryc. 1, 2 i 3). Obecnie strefa, z której pobrane zostały próby nie wykazuje objawów zawodnienia, jednakże według archiwalnych danych kopalni w latach 70-tych i 80-tych ubiegłego wieku w sąsiednich wyrobiskach występowały wycieki wód złożowych. Analizy ich składu chemicznego z lat 1976,

by the authors of this study (Świerk and Burliga, 2021), and all minerals were identified using several analytical methods. The mineral samples were analysed in the Laboratory of Electron Microscopy in the Institute of Geological Sciences of University of Wrocław using: (1) Jeol JSM-IT500LA scanning electron microscope with a backscattered electron detector (BSE) and energy-dispersive spectrometer (EDS), (2) Raman spectrometer coupled with a confocal optical microscope, Renishaw inVia Qontor model, with a diode laser with a wavelength of 785 nm and 532 nm, and (3) an X-ray ADVANCE diffractometer by Bruker, applying DIFFRAC.SUITE EVA V.4 software for data processing. The minerals listed above created paragenesis with halite (NaCl) and crystallized inside halite crystals or as overgrowths, which resulted in greenish colour of halite. They were documented in areas of leakage of high-concentration sodium-chloride brines in the northern part of the mine.

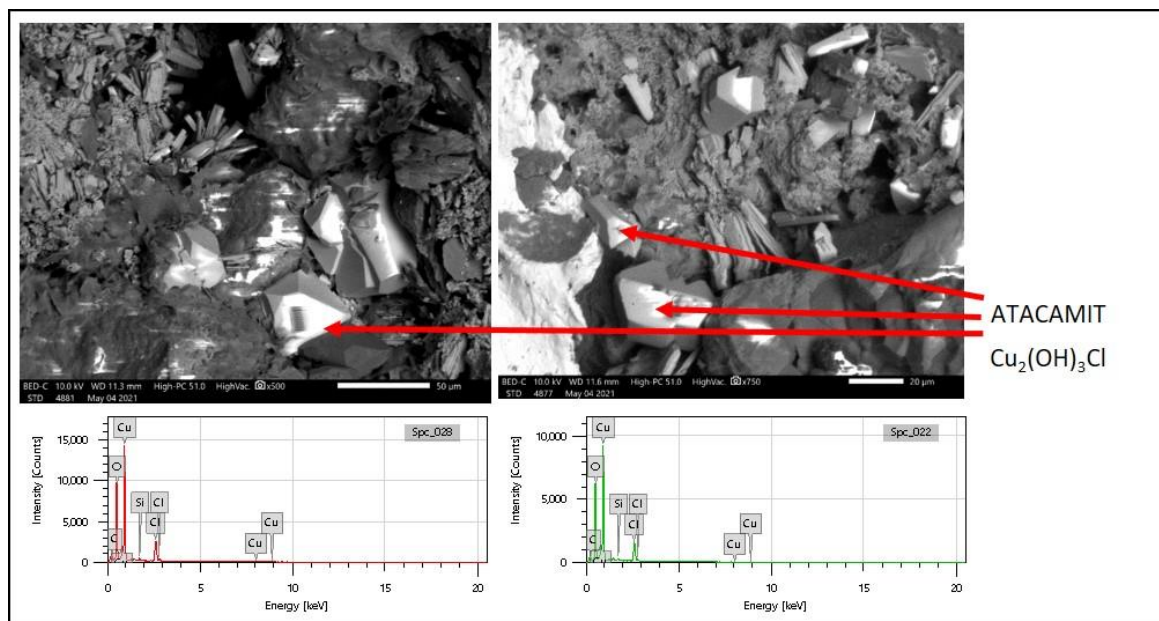
In the course of studies carried out in 2022 in ZG Lubin mine, in the area of the G-5 mining division, a zone was located in which, within the Weissliegend sandstone with covellite (CuS), fine-grained atacamite crystallized in the inter-grain spaces (Fig. 1, 2 and 3). At present, the zone from which samples were taken does not display any sign of water leakage, however, according to the archival data of the mine, leakages of mine water occurred in the neighbouring workings in the 1970s and 1980s. Analyses of chemical composition of water carried out in 1976, 1979 and 1980 show that they contained chloride ions at the level of 210-364 mg/dm^3 .

Our research and previous publications imply that contemporary chloride mineralization occurs mainly in areas



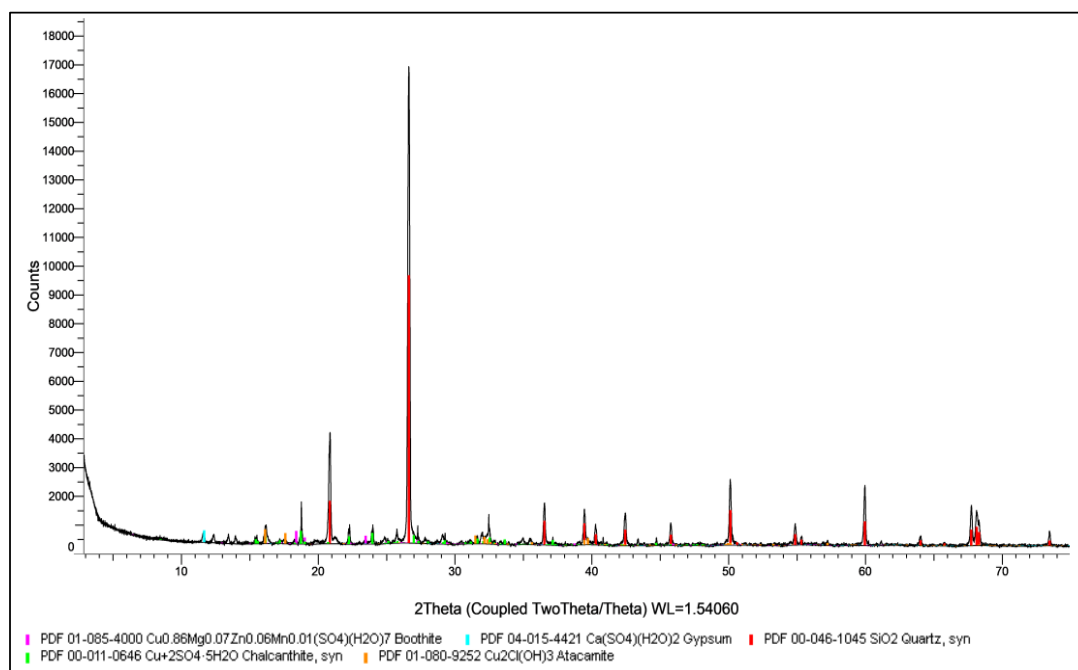
Ryc. 1. Piaskowiec białego spągowca okruszczony kowelinem z współczesną mineralizacją chlorkową (atacamit) i siarczanową (chalkantyt) w obrazie mikroskopowym.

Fig. 1. Microscopic image of Weissliegende sandstone with copper mineralization (covellite) and contemporary chloride (atacamite) and sulphate (chalcantite) mineralization.



Ryc. 2. Atacamit z ZG Lubin w obrazie BSE oraz jego widma uzyskane w badaniach EDS.

Fig. 2. BSE image of atacamite from Lubin Mine and its EDS spectra.



Ryc. 3. Dyfraktogram rentgenowski próbek piaskowca z atacamitem z ZG Lubin.

Fig. 3. X-ray powder diffractogram of the sandstone sample from the Lubin Mine.

1979 i 1980 wykazują, że zawierały one jony chlorkowe na poziomie 210-364 mg/dm³.

Badania własne oraz wcześniejsze publikacje implikują, że współczesna mineralizacja chlorkowa występuje głównie w rejonach dopływu wód zasobnych w jony chlorkowe, a większość współczesnych chlorków udokumentowano w północnej części obszaru ZG Polkowice-Sieroszowice. Oczywisty wydaje się zatem związek takich wód z obecnością pokładu najstarszej soli kamiennej (Na1) w nadkładzie serii złożowej, gdyż południowa granica zasięgu najstarszej

of leakage of waters rich in chloride ions, and most of the present-day chlorides have been documented in the northern part of the ZG Polkowice-Sieroszowice mine. Therefore, it seems obvious that such waters are related to the presence of the Oldest Halite rock salt (Na1) bed in the overburden of the deposit series, as the southern boundary of the Oldest Halite range in the Fore-Sudetic Homocline extends across the central part of ZG Polkowice-Sieroszowice mine area. As the area of the ZG Lubin mine is located south of this border, and the zone with atacamite described in the study is located

soli kamiennej na monoklinie przedsudeckiej przebiega przez środkową część obszaru tej kopalni. Ponieważ obszar kopalni ZG Lubin znajduje się na południe od tej granicy, a opisana w pracy strefa z atacamitem usytuowana jest ok. 12 km od niej, możliwa jest dwojaka interpretacja genezy tej mineralizacji chlorkowej. Dopuścić należy, iż albo wody chlorkowe miały możliwość migracji systemami spękań i uskoków na odległość co najmniej kilkunastu kilometrów na południe od południowej granicy zasięgu soli, albo pierwotny zasięg najstarszej soli kamiennej był większy, a mineralizacja chlorkowa rozwinęła się w wyniku dopływu resztkowych wód chlorkowych pozostałych w górotworze po wyługowaniu soli kamiennej ponad tą częścią złoża rud miedzi. Zanik dopływu wód wydaje się faworyzować drugą koncepcję, jednakże na obecnym etapie badań żadnej z interpretacji nie można wykluczyć.

approx. 12 km from it, it is possible to interpret the genesis of this chloride mineralization in two ways. Either chloride waters could migrate through the systems of fractures and faults to a distance of dozen kilometres south of the southern boundary of the Oldest Halite, or the original extent of the rock salt bed was larger, and chloride mineralization developed as a result of the inflow of residual chloride waters remaining in the rock salt overburden after leaching of rock salt over this part of the copper ore deposit. As the water inflow ceased, the second concept seems more likely, however, at the present stage of research, none of the interpretations can be ruled out.

LITERATURA/REFERENCES

PIESTRZYŃSKI A., (2016). Minerale złoża miedzi na monoklinie przedsudeckiej. W: red. J. Kicki, J. Jarosz, A. Dyczko: Świat minerałów KGHM Wydaw. Fundacja dla Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków. 283 s.

SIUDA R., ŁODZIŃSKI M., SYCZEWSKI M., KRUSZEWSKI Ł., PRŠEK J., HOFFMANN P., (2017). Pierwsze wystąpienie botal-

lackitu w Polsce (kopalnia Polkowice-Sieroszowice). *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 469: 217-228.

ŚWIERK M., BURLIGA S., (2022). Halit w poziomie eksploatacyjnym złóż rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej – przykład współczesnej mineralizacji chlorkowej. *XXV Międzynarodowe Sympozjum Solne Quo Vadis Sal, Varia Sal – Wszystko o Soli*, Kraków, 68-71.