



Halit w poziomie eksploatacyjnym złóż rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej – przykład współczesnej mineralizacji chlorkowej

Halite in mine drifts in copper ore deposits over the Fore-Sudetic Homocline: an example of modern chloride mineralization

Mateusz ŚWIERK¹, Stanisław BURLIGA²

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

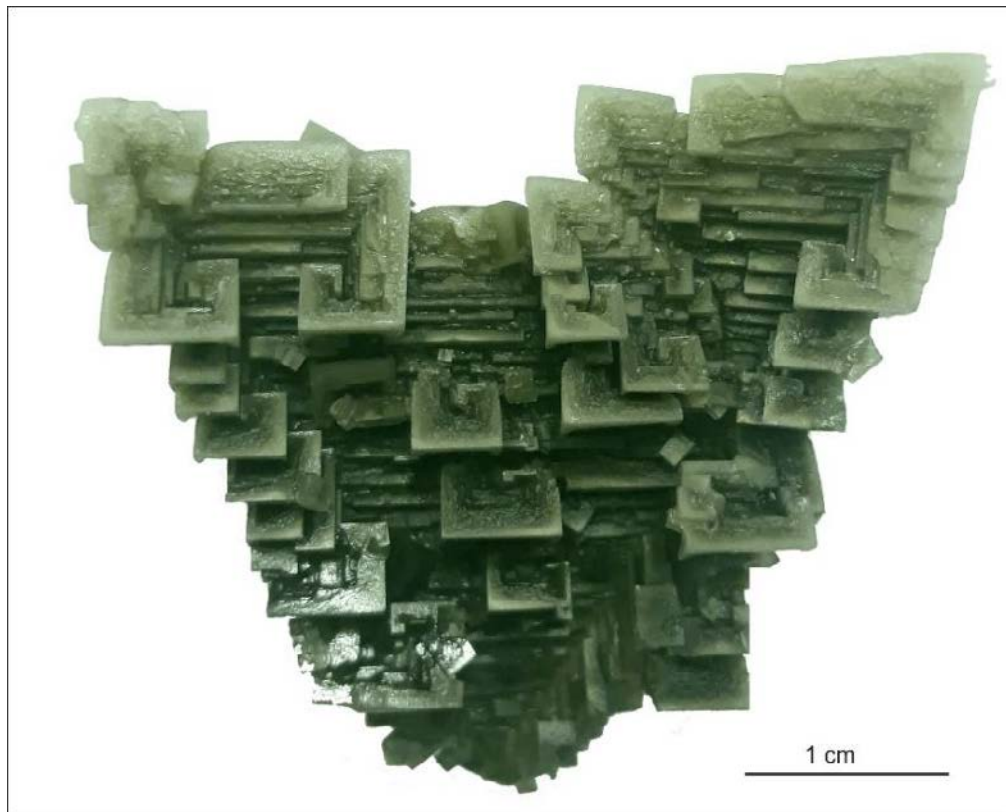
^{1,2} Institute of Geological Sciences, University of Wrocław, Pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław,
e-mail: ¹mateusz.swierk@uwr.edu.pl; ²stanislaw.burliga@uwr.edu.pl

Eksploatacja złóż rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej umożliwia okresowy dopływ wód pozazłożowych w obręb wyrobisk górniczych, inicjujący rozwój współczesnej mineralizacji. Miedziowa mineralizacja rudna występuje w skałach pogranicza czerwonego spągowca i cechsztynu, tj. w piaskowcach, łupkach ilastych i dolomitach. W dolomitach powyżej strefy mineralizacji miedziowej występuje również mineralizacja cynkowo-ołowiowa (Banaś i in., 1985), natomiast powyżej dolomitów zalegają warstwy anhydrytów, ponad którymi na części obszaru monokliny występują sole kamienne cechsztyńskiego cyklu PZ1. Takie zróżnicowanie petrograficzne serii nadzłożowej wpływa na chemizm wód kopalnianych (Becker i in., 2007), szczególnie w obszarze występowania soli kamiennych. W pracy przedstawiono wyniki szczegółowych badań mineralogicznych halitu krystalizującego w wyrobiskach górniczych w kopalni ZG Polkowice–Sierszowice podczas dopływu solanek aktywnego w roku 2016. Analizie poddano kilkanaście okazów z kolekcji Muzeum Geologicznego im. Henryka Teisseyre Uniwersytetu Wrocławskiego.

W wyrobisku górniczym usytuowanym w północnej części ZG Polkowice–Sierszowice w roku 2016 wystąpił okresowy wypływ solanek chlorkowo-sodowych, który doprowadził do rozwoju bogatej halitowej szaty naciekowej na stropie, ociosach i spągu wyrobiska górniczego. Spekta-

The exploitation of copper ore deposits in the Fore-Sudetic Homocline (FSH) enables a periodic water infiltration from outside the deposits into the mine workings, initiating the development of modern mineralization. Copper ore mineralization occurs in the border zone of the Rotliegendes and Zechstein, i.e. in sandstones, shales and dolostones. Zinc-lead mineralization also occurs in the dolomites above the copper mineralization zone (Banaś et al., 1985), while above the dolostones there are layers of anhydrite overlain, over a part of the FSH, by rock salts of the Zechstein PZ1 cycle. Such petrographic diversity of the supra-deposit series influences the chemistry of mine waters (Becker et al., 2007), especially in the area of rock salt occurrence. The paper presents the results of detailed mineralogical studies of halite which crystallized in mining drifts in the ZG Polkowice–Sierszowice mine during the inflow of brines, active in 2016. Over dozen mineral specimens from the collection of the Henryk Teisseyre Geological Museum of the University of Wrocław were analysed.

In 2016, in the mining drifts located in the northern part of the ZG Polkowice–Sierszowice mine, there was a periodic outflow of sodium-chloride brines, which led to the development of rich halite dripstones on the roof, side walls and floor of a mining drift. Spectacular forms of stalactites, stalagmites, stalagnates and flowstones were largely made of multiple arrays of skeletal crystals of halite (Fig. 1). Their



Ryc. 1. Halit szkieletowy z wyrobisk górniczych kopalni ZG Polkowice–Sieroszowice. Kolekcja Muzeum Geologicznego Uniwersytetu Wrocławskiego.

Fig. 1. Skeletal halite from the copper mine drifts on the Fore-Sudetic Homocline. Collection of the Geological Museum of University of Wrocław.

kularne formy stalaktytów, stalagmitów, stalagnatów i polew zbudowane były w znacznej mierze z wielokrotnych wzrostów kryształów szkieletowych halitu (Ryc. 1). Ich wyjątkowość wynikała również z barwnego zróżnicowania halitu, tj. występowania odmian o odcieniach białych, zielonawych i brązowych, wskazujących na obecność domieszek innych minerałów. Celem podjętych badań była identyfikacja domieszek wpływających na zieloną barwę halitu. Próbkę mineralną analizowano przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) wyposażonego w detektory dyspersji elektronów wtórnych i wstecznie rozproszonych (SE i BSE) i spektrometr dyspersji energii (EDS), spektrometru Ramana oraz dyfraktometru rentgenowskiego.

Analizy przy pomocy SEM i spektrometru Ramana wykazały, że minerały obecne w zielonych halitach w postaci wzrostów i narostów stanowią głównie odmiany polimorficzne chlorków Cu z grupy atacamitu ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$): atacamit, botallackit oraz klinoatacamit. Analiza SEM wykazała także obecność chlorku Cu i Zn, który metodą dyfraktometryczną zidentyfikowano jako herbertsmithyt ($\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{OH})_6\text{Cl}_2$). Analiza dyfraktometryczna sproszkowanych próbek wykazała ponadto obecność tolbachitu (CuCl_2) i eriochalcytu ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Wymienione minerały wykazują zabarwienie w różnych odcieniach zieleni i koloru niebieskiego. Oprócz minerałów

uniqueness was also due to variation in colour of the halite, i.e. the presence of varieties with shades of white, greenish and brownish, indicating the presence of admixtures of other minerals. The aim of the research was to identify the mineral admixtures influencing the green colour of halite. Mineral samples were analysed using a scanning electron microscope (SEM) coupled with SE and BSE detectors and EDS spectrometer, a Raman spectrometer and an X-ray diffractometer (XRD).

Analyses with the use of SEM and Raman spectrometer showed that minerals incorporated in the green halites in forms of inclusions and overgrowths are represented mainly by polymorphs of Cu-chlorides from the atacamite group ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$): atacamite, botallackite and clinoatacamite. The SEM analysis also revealed the presence of Cu- and Zn- chloride, which was identified using XRD as herbertsmithite ($\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{OH})_6\text{Cl}_2$). XRD analysis of powdered samples also revealed the presence of tolbachite (CuCl_2) and eriochalcite ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). All the mentioned minerals are coloured in various shades of green and bluish. Apart from chloride minerals, yellowish spheroidal sulphur and colourless bunch-shape aggregates ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) were documented.

chlorkowych udokumentowano występowanie sferoidalnych skupień siarki rodzimej w kolorze żółtawym oraz bezbarwnych snopkowych agregatów gipsu ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Uzyskane wyniki dowodzą, że zielone zabarwienie halitów, krystalizujących w rejonie wypływu solanek w poziomie eksploatacji złóż rud miedzi, wynika w głównej mierze z obecności wrostków minerałów z grupy chlorków Cu o różnych odcieniach zieleni. Stwierdzona mineralizacja wskazuje ponadto, iż solanki chlorkowo-sodowe migrujące ze strefy nadłożowej ługowały skały nadkładu i wzbogaciły się w składniki minerałów rudnych z grupy siarczoków Cu i Zn, w wyniku czego w wyrobisku równocześnie z halitem krystalizowały chlorki Cu i Zn oraz siarka rodzima. Badania implikują ponadto, iż możliwe są bardziej zróżnicowane naturalne środowiska krystalizacji niektórych minerałów z grupy chlorków Cu, niż opisane w literaturze, jak np. herbertsmithytu, który dotychczas znany był głównie z porfirowych złóż miedzi w Chile i Iranie oraz polimetalicznych złóż Zn-Pb w Iranie (Braithwaite i in., 2004). Konkluzję tę potwierdza także wcześniejsze stwierdzenie obecności tego minerału w złożu rud miedzi na obszarze ZG Rudna w strefie współczesnego wietrzenia okruszczonych piaskowców białego spągowca (Kruszewski i in., 2020).

Słowa kluczowe: halit, minerały chlorkowe, złożo rud miedzi, monoklina przedsudecka

PODZIĘKOWANIA

Autorzy dziękują Muzeum Geologicznemu im. Henryka Teisseyre Uniwersytetu Wrocławskiego za udostępnienie próbek do badań.

The obtained results prove that the green colour of the halites which crystallized in the area of brine outflow in the copper ore deposit mine workings is mainly due to the presence of Cu-chloride minerals of various shades of green. The identified mineralization also indicates that sodium chloride brines infiltrating from the above of the copper deposit leached the overburden rocks, being enriched in elements of ore minerals from the group of Cu- and Zn- sulphides.

As a result, Cu- and Zn- chlorides, and native sulphur crystallized in the mine workings simultaneously with halite. The research also implies that more diverse natural environments for the crystallization of some minerals from the Cu chloride group than those described in the literature are possible, e.g. as in a case of herbertsmithite, which so far was known mainly from porphyry copper deposits in Chile and Iran, and polymetallic Zn-Pb deposits. in Iran (Braithwaite et al., 2004). This conclusion is also confirmed by the earlier finding of this mineral in the copper ore deposit in the ZG Rudna mine in the zone of modern weathering of Weissliegendes sandstones with copper ore mineralization (Kruszewski et al., 2020).

Key words: halite, chloride minerals, copper ore, Fore-Sudetic Homocline

ACKNOWLEDGEMENT

Authors thank Geological Museum named after Henryk Teisseyre in Wrocław University for share samples and research.

LITERATURA/REFERENCES

- BANAŚ M., KUCHA H., MAYER W., PIESTRZYŃSKI A., SALAMON W., 1985. Okruszczowanie ołowiem i cynkiem w złożach rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 53 (1/4): 13-42.
- BECKER R., FISZER J., KALISZ M., 2007. Hydrogeologia. [W:] Piestrzyński A., Banaszak A., Zaleska-Kuczmiereczak M. (red.), *Monografia KGHM Polska Miedź S.A., Cuprum, Lubin*: 82–89.
- BRAITHWAITE R.S.W., MEREITER K., PAAR W.H., CLARK A.M., 2004. Herbertsmithite, $\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{OH})_6\text{Cl}_2$, a new species, and the definition of paratacamite. *Mineralogical Magazine* 68 (3): 527-539. /dx.doi.org/10.1180/0026461046830204
- KRUSZEWSKI Ł., ŚWIERK M., SIUDA R., SZEŁĘG E., MARCINIAK-MALISZEWSKA B., 2020. Third Worldwide Occurrence of Juangodoyite, $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CO}_3)_2$, and Other Secondary Na, Cu, Mg, and Ca Minerals in the Fore-Sudetic Monocline (Lower Silesia, SW Poland). *Minerals* 10 (2): 190. https://doi.org/10.3390/min10020190