

Marian BANAS *, Joachim OTTEMANN **

SUPPLEMENTARY DATA ON BOHDANOWICZITE ***, A NATURAL SILVER-BISMUTH SELENIDE

UKD 549.35(438.26—12)

Abstract. The actually available data on bohdanowiczite, a new natural silver-bismuth selenide AgBiSe_2 , are given which might form the basis for accepting it as a new mineral species.

INTRODUCTION

Bohdanowiczite, a natural silver-bismuth selenide (AgBiSe_2) was described in specimens from the Kletno deposit in the Polish Middle Sudetes (Banaś, Ottemann 1967). In the paper dealing with this deposit the above mineral was primarily determined as schapbachite (AgBiS_2) (Banaś 1965a). Its identification was difficult due to very subtle intergrowths with clauthalite. However, some differences of its physical properties when compared with those of schapbachite were reported in the above paper. Qualitative microprobe scanning has shown this mineral to be a silver-bismuth selenide.

The name „bohdanowiczite” proposed for natural AgBiSe_2 was not accepted by the Commission of New Mineral Names of I.M.A. due to insufficient data presented in the preliminary report on this mineral (Banaś, Ottemann 1967). Since the occurrence of this report new supplementary data were collected which were partly published in the same author's paper (Banaś, Ottemann 1969). Present paper summes up all the data on bohdanowiczite actually available which might be sufficient for establishing the validity of this new mineral species.

The natural occurrence of AgBiSe_2 in Kletno was confirmed by the discovery of this mineral in the Julianehaab deposit in Greenland. This

* Academy of Mining and Metallurgy, Institute of Mineralogy and Mineral Deposits, Cracow, Mickiewicza 30. Poland.

** Institute of Mineralogy and Petrography, University of Heidelberg. 69 Heidelberg, Berlin Street 19. Germany.

*** The mineral was named after Prof. Dr. h.c. Eng. Karol Bohdanowicz (1864—1947), an outstanding specialist in applied geology, famous explorer and expert on the world's mineral deposits. The original Polish name of this mineral is „Bohdanowiczyt” and it should be pronounced „Bohdanovichit”.

mineral occurs there in association with clausenthalite and bornite, forming inclusions within a lamellar chalcocite (lamellarer Kupferglanz after Ramdohr 1960) or in assemblage with clausenthalite and eucairite forming intergrowths with bornite (personal communications of Mr. H. K. Schönwandt, Mineralogisk Institut, Danmarks Tekniske Højskole, Lyngby, Denmark).

GEOLOGY OF THE SAMPLING SITE

In the vicinity of magnetite-bearing skarns of the fluorite deposit of Kletno occurs an interesting polymetallic-uranium mineralization. It is concentrated in quartz and black fluorite, and is essentially represented by uranium minerals and selenides. This typical paragenetic association (Banaś, Mochnačka 1968) occurs at depths of no more than 100 meters below the surface.

In the pitchblende-sulphidic and pitchblende-selenidic mineral formations bohdanowiczite occurs with other selenides such as clausenthalite, tiemannite, umangite, and traces of klockmannite (Banaś 1965b). They are usually accompanied by pitchblende and secondary uranium minerals (Banaś 1964, 1966).

Bohdanowiczite occurs in this deposit as minute microscopic grains. Generally its delicate intergrowths with the other minerals forming the assemblage results in irregular anhedral (emulsion) textures. Three mineral assemblages containing bohdanowiczite were distinguished by microscopic examination, with chief components:

1. pitchblende, clausenthalite and emplectite,
2. chalcocite and pitchblende,
3. fluorite and quartz.

In the first one bohdanowiczite forms intergrowths with clausenthalite or also with emplectite (Phot. 1) and with traces of native silver. This association is accompanied by naumannite and probably eskebornite and sometimes by traces of bornite and chalcopyrite. These minerals fill in open spaces in quartz and in syneretic cracks in the pitchblende. Replacement of pitchblende by bohdanowiczite is frequently observed (Phot. 2, 3). A fairly typical alteration process of clausenthalite is observed in this association, resulting in the appearance of native selenium and cerussite (Phot. 6).

With regard to the second assemblage, the selenides generally occur intergrown with chalcocite, sometimes with lamellar chalcocite (Phot. 4). The latter intergrowths are observed within quartz and collomorphic pitchblende grains. Chalcocite displays emulsion and net-like relictic textures of chalcopyrite.

Irregular bohdanowiczite aggregates occur rather sparingly in fissures within fluorite or quartz (Phot. 5).

OPTICAL PROPERTIES OF BOHDANOWICZITE

The mineral in question polishes fairly well, similar to clausenthalite. Its reflectance (R) is higher than that of chalcopyrite and clausenthalite.

Table 1 contains the average results of 10 measurements of R and ΔR (bireflectance) of bohdanowiczite carried out by means of POOS-1 apparatus (USSR) using filtered monochromatic light.

The colour of this mineral is similar to that of schapbachite. It displays a yellow-creamy tint when compared with white clausenthalite and shows a fairly distinct creamy colouration relative to dark yellow chalcopyrite. As follows from the analysis of dispersion of R (Tab. 1) the colour of bohdanowiczite is determined by its maximum reflectance at $590\text{ m}\mu$, which corresponds to the yellow-orange of the spectrum.

The bireflectance of bohdanowiczite can only be observed along the margins of grains in oil immersion. Quantitative measurement of ΔR (Tab. 1) gives results corresponding to the limits of perceptibility. On the average: absolute ΔR amounts to 1.8, and relative ΔR to 3.5.

Table 1

R and ΔR values for bohdanowiczite

λ (m μ)	Average R_2 , %	Average R_1 , %	ΔR absolute	ΔR relative
434.7	47.3	46.5	0.8	1.7
486.1	50.0	48.5	1.5	3.0
520.0	52.2	49.8	2.4	4.7
546.0	52.5	50.3	2.2	4.3
589.1	52.8	50.9	1.9	3.7
653.1	52.3	50.5	1.8	3.5

Bohdanowiczite displays weak but distinct anisotropism. The anisotropism increases under oil immersion, displaying subtle colours with a gold-pinkish tint. When observed under crossed nicols bohdanowiczite exhibits short, non-typical polysynthetic twinning, mutually oriented at angles of $65\text{--}90^\circ$ (Phot. 6).

The polishing hardness is distinctly positive relative to clausenthalite and difficult to determine when compared with emplectite. The micro-indentation hardness (VHN) of this mineral measured by means of a PMT-3 microhardness tester of the Vickers type is $96\text{--}63\text{ kG/mm}^2$ and amounts to ca. $3.2\text{--}2.75$ on the Mohs's scale of hardness (H_0)*.

Several optical properties of bohdanowiczite are close to those of schapbachite. A comparison of these properties for both minerals are presented in Table 2.

CHEMICAL INVESTIGATION

The mineral bohdanowiczite was analyzed with the electron microprobe (Type ARL) at the Mineralogical Institute, University of Heidel-

* Conditions of measurement: load 20 g, length of the diagonal $19.8\text{--}24.3\text{ }\mu$, time of the indentation 15 sec., 10 indentations of every determination.

A comparison of optical properties

Mineral	R, %	VHN kg/mm ²	H ₀	Colour		Biref
				in air	in oil immersion	in air
Bohdanowiczite	46.5	96	3.2	yellow-cream	intense cream	invisible
AgBiSe ₂	52.5	63	2.75			
Schapbachite *	44 **	—	3.5	white	white with yellowish tint	hardly observable along the margins of grains
AgBiS ₂						

* Optical data after Ramdohr (1960).

** After Moses (quoted by Ramdohr 1960).

Table 3

X-ray — spectrometric data

Analyzed line	Wavelength Å	Activation energy KeV	Analyzer
Se _{Lα}	8.990	1.4	KAP
Bi _{Mα}	5.118	2.4	
Ag _{Lα}	4.154	3.0	EDT
S _{Kα}	5.372	2.3	

Table 4

Bohdanowiczite analysis

Element	AgBiSe ₂ theoretical	Weight, % measured	corrected * after I. Adler (1965)	Atomic ratio
Bi	44.02	44.09	44.7	0.2139 } 0.4234
Ag	22.72	22.5	22.6	
Se	33.26	32.0	32.1	0.4065 } 0.4283
S	—	0.5	0.7	

* For the corrections the mass absorption coefficients given by Heinrich (1966) were utilized.

berg. This method is only one suitable for the chemical identification of the extremely small mineral grains (0,01 mm in diameter).

The quantitative measurements (Tab. 3) were carried out under the following conditions: accelerating voltage = 20 kV, sample current 0.01 mA.

Table 2

of bohdanowiczite and schapbachite

lectance	Crossed nicols		Internal reflections	Twinning	Paragenesis
	in oil immersion	in air			
hardly observable along the margins	weak to distinct	vivid subtle colours	not observed	present	occurs with PbSe
intensively coloured	distinct	vividly coloured	not observed	present	occurs with PbS

Quantitative, preliminary investigations with clausthalite, galena, and native silver as standards revealed a composition of AgBiSe₂ with about 1% sulphur for the new mineral.

In order to ascertain as high a degree of accuracy as possible, silver-bismuth-selenide and silver-bismuth-sulphide with respective stoichiometric composition of AgBiSe₂ and AgBiS₂ were synthesized as standards in the laboratory for syntheses of the Mineralogical Institute, Heidelberg. The synthesis of such compounds described in detail by Geller and Wernick (1959) had not yet become known as a naturally occurring mineral.

After tempering for several weeks at 430°C in a sealed silica tube, it was possible to obtain a completely homogeneous compound that was sufficiently coarse crystalline to permit quantitative point measurements with the microprobe. Utilizing the synthesized compounds AgBiSe₂ and AgBiS₂, the following composition for the mineral bohdanowiczite was derived at (Tab. 4). Diadochic replacement of Se by S was assumed.

X-RAY ANALYSIS

Attempts to identify the mineral bohdanowiczite with X-ray powder methods were impaired by its small grain-size, making impossible to separate a sample of pure mineral. Apparently the diffraction pattern of bohdanowiczite corresponds quite well to that of the synthesized, cubic, high-temperature-modification of AgBiSe₂, but not to that of a pure, natural schapbachite (AgBiS₂).

GENETIC CONCLUSIONS

The assemblage of selenium minerals: clausthalite, naumannite, and bohdanowiczite occurs among such last-stage sulphides as: bornite, chalcocopyrite, chalcocite and emplectite. This mineralization is of hydrother-

mal origin. It is supposed that the selenides were formed during the final stage of sulphide deposition due to variations in the environmental regime coupled with a considerable decrease of S^{2-} and increasing oxidation potential of the ore-bearing solutions. When examining intergrowth-structures of the above minerals we observe that bohdanowiczite crystallized at a later stage than emplectite, which is veined by $AgBiSe_2$.

Acknowledgements. We wish to thank Dr. G. Moh for synthesizing the minerals used as standards and Mr. B. Nuber, Diplom-Mathematics, for carrying out the corrections on the microprobe data.

REFERENCES

- ALDER I., GOLDSTEIN J.I., 1965: Absorption tables for electron probe analysis. Nasa technical note D-2984, Washington, 276.
- BANAS M., 1964: Nasturan from the metamorphic of Snieżnik Kłodzki (Sudetes). *Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sc. géol. géogr.* v. XII, no. 3, 169—172.
- BANAS M., 1965a: Przejawy mineralizacji w metamorfiku Snieżnika Kłodzkiego (Signs of mineralization in the metamorphic complex of Snieżnik Kłodzki — Sudetes Mts). *Pr. Geol. Kom. Nauk Geol. PAN Oddz. w Krakowie* 27, 1—83.
- BANAS M., 1965b: New site of Pb, Hg and Cu selenides in the Sudetes. *Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sc. géol. géogr.* v. XIII, no. 4, 267—271.
- BANAS M., 1966: Productes of oxidation of pitchblende from Kletno. *Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sc. géol. géogr.* v. XIV, no. 1, 23—26.
- BANAS M., MOCHNACKA K., 1968: Paragenese der Uran- und Selenmineralien in den Sudeten. *Freiberger Forschungshefte.* C 230, Leipzig, 327—336.
- BANAS M., OTTEMANN J., 1967: Nowy naturalny selenek srebra i bizmutu z Kletna w Sudetach (A new natural silver and bismuth selenide from Kletno in Sudetes Mts). *Prz. geol.* 5, 240.
- BANAS M., OTTEMANN J., 1969: Dalsze losy bohdanowiczytu (Further fate of bohdanowiczite). *Prz. geol.* 5, 235—238.
- GELLER S., WERNICK J.H., 1959: Ternary semiconducting compounds with sodium chloride-like structure.: $AgSbSe_2$, $AgSbTe_2$, $AgBiS_2$, $AgBiSe_2$. *Acta Cryst.* 12, 46—54.
- HEINRICH K.F.J., 1966: X-ray absorption uncertainty. — In: *The Electron Microprobe.* Edited by T.D. McKinley, K.F.J. Heinrich and D.B. Wittry, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1035.
- RAMDOHR P., 1960: *Die Erzminerale und ihre Verwachsungen.* Berlin.

Marian BANAS, Joachim OTTEMANN

UZUPEŁNIAJĄCE DANE O BOHDANOWICZYCIE, NATURALNYM SELENKU SREBRA I BIZMUTU

Streszczenie

Geologiczne warunki występowania bohdanowiczytu opisane zostały w pracy Banasia i Ottemanna (1969). Podane w niniejszym artykule uzupełniające dane o tym mineralu mogą stworzyć podstawę do uznania go przez Komisję Nazw Nowych Mineralów Międzynarodowej Asocjacji Mineralogicznej za nowy minerał. Bohdanowiczyt ($AgBiSe_2$), znaleziony również w Julianehaab w Grenlandii, nazwany został imieniem sławnego polskiego geologa złożowego Prof. dr h.c. inż. Karola Bohdanowicza.

Minerał występuje w złożu w dwóch formacjach mineralnych: smółkowo-siarczkowej i smółkowo-selenkowej. Tworzy trzy zespoły mineralne:

1. ze smółką uranową, clauthalitem i emplektytem (fot. 1),
2. z chalkozynem i smółką uranową oraz
3. z fluorytem i kwarcem.

Zespołowi pierwszemu towarzyszą: srebro rodzime, naumannit oraz bornit i chalkopiryt. Minerale tego zespołu wypełniają wolne przestrzenie w kwarcu i smółce uranowej lub metasomatycznie zastępują ją drugą (fot. 2 i 3). W zespole drugim bohdanowiczyt tworzy ściśle przestrosty z chalkozynem (fot. 4), w trzecim zaś występuje w postaci wrostków we fluorycie i kwarcu (fot. 5).

Bohdanowiczyt poleruje się dobrze, jego R jest wyższe od R clauthalitu i chalkopiryty (tab. 1). Barwa w porównaniu z clauthalitem żółtokremowa, określona maksymalną wartością R przy 590 m μ . Dwójdrobnie widoczne na granicach ziarn w cieczy immersyjnej (tab. 1). Minerał ujawnia wyraźną anizotropię, silniejszą w cieczy immersyjnej oraz nietypowe polisyntetyczne zrosty bliźniacze (fot. 6). Twardość mierzoną metodą Vickersa (VHN) oraz w skali twardości (H_0) zestawiono w tabeli 2. W tej też tabeli zestawiono własności optyczne i fizyczne bohdanowiczytu i podobnego do niego schapbachitu ($AgBiS_2$).

W celu ustalenia składu chemicznego badanego mineralu oraz dokonania obserwacji porównawczych, wykonano w Instytucie Mineralogicznym w Heidelbergu syntezę $AgBiSe_2$ i $AgBiS_2$. Przeprowadzone analizy na mikrosondzie elektronowej (tab. 3) dały rezultaty ilościowe zestawione w tabeli 4, świadczące o bardzo zbliżonym składzie chemicznym syntetycznego i naturalnego $AgBiSe_2$.

Proszkowa analiza rentgenowska przeprowadzona na niezupełnie czystym materiale mineralnym $AgBiSe_2$ świadczy o jego podobieństwie do syntetycznej, kubicznej, wysokotemperaturowej odmiany tego związku.

Bohdanowiczyt wraz z towarzyszącymi selenkami i siarczkami jest pochodzenia hydrotermalnego. Selenki tworzyły się w końcowej fazie precypitacji siarczków w środowisku utleniającym, w warunkach spadku zawartości S^{2-} w roztworach kruszczośnych. Bohdanowiczyt jest młodszy od emplektytu.

Марян БАНАСЬ, Иоахим ОТТЕМАНН

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О БОГДАНОВИЧИТЕ — ЕСТЕСТВЕННОМ СЕЛЕНИДЕ СЕРЕБРА И ВИСМУТА

Резюме

Геологические условия распространения богдановичита были описаны в работе Банася и Оттемана (1969). В настоящей статье приводятся дополнительные данные, касающиеся этого минерала, которые могут послужить основой для зачисления его к новым минералам Комиссией названий Новых Минералов Международной Минералогической Ассоциации. Богдановичит ($AgBiSe_2$), который был также найден в Юлиане-

хоб в Гренландии, назван в честь выдающегося польского геолога проф. д-ра. инж. Кароля Богдановича.

Минерал встречается в двух минеральных формациях: уран-сульфидной и уран-селенидной. Он представлен в трех ассоциациях: 1) с урановой смолкой, клаусталитом и эмплектитом, 2) с халькозином и урановой смолкой, 3) с флюоритом и кварцем.

Первая ассоциация сопровождается самородным серебром, науманитом, борнитом и халькопиритом. Эти минералы выполняют пустоты в кварце и урановой смолке или же метасоматически замещают смолку (фото 2 и 3). Во второй ассоциации богдановичит перерастает с халькозином (фото 4), в третьей — представлен в виде включений в флюорите и кварце (фото 5).

Богдановичит хорошо полируется, обладает большим показателем „R” по сравнению с клаусталитом и халькопиритом (табл. 1). Цвет в сопоставлении с клаусталитом желто-кремовый, определяется максимальным значением „R” при 590 м. Двуотражение заметно по краям зерен в иммерсионной жидкости (табл. 1). Минерал проявляет отчетливую анизотропию, более сильную в иммерсии, и нетипичные полисинтетические двойники (фото 6). Твердости, определяемые методом Виккерса (VHN) и по шкале твердости (H_0), приведены в таблице 2. Там же дано сопоставление оптических и физических свойств минерала со сходным минералом — шапбахитом ($AgBiS_2$).

С целью определения химического состава исследуемого минерала и проведения сравнительных наблюдений в Минералогическом Институте в Гейдельберге был проведен синтез $AgBiSe_2$ и $AgBiS_2$. Анализы на электронном микронзонде (табл. 3) дали количественные определения, приведенные в таблице 4, которые указывают на большое сходство химического состава синтетического и естественного $AgBiSe_2$.

Рентгеновский порошковый анализ, проведенный на несколько загрязненном минеральном материале $AgBiSe_2$, свидетельствует о его сходстве с синтетической кубической, высокотемпературной разновидностью этого соединения.

Богдановичит вместе с сопутствующими селенидами и сульфидами характеризуется гидротермальным происхождением. Селениды возникли в конечную фазу выпадения сульфидов, в условиях преобладающего окислительного потенциала и пониженного количества S^{2-} в рудных растворах. Богдановичит образовался после эмплектита.

PLATES, (PLANSZE, ТАБЛИЦЫ)

PLATE I (PLANSZA I, ТАБЛИЦА I)

Phot. 1. Bohdanowiczite (Bo), clausthalite (Cl) and emplectite (Em) form mutual irregular intergrowths. The reflectance of clausthalite and bohdanowiczite are very similar. Therefore on the photograph the textures of both minerals are not visible. All three minerals penetrate and fill free spaces in pitchblende (Pb) with initial stages of replacement phenomena. Small dark spots within the selenides and emplectite are defects in the polished section. Reflected light, oil immersion, enlarged 180×

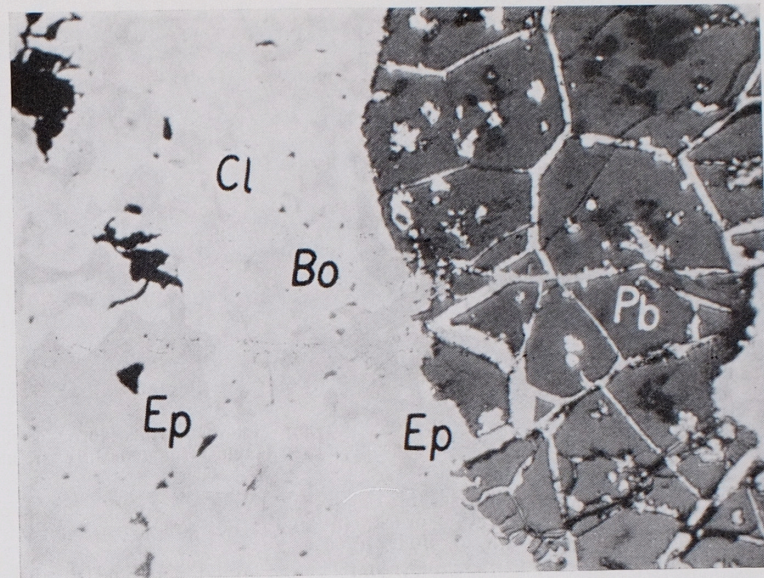
Bohdanowiczyt (Bo), klausthalit (Cl) i emplektyt (Em) tworzą wzajemnie nieregularne przerosty. Zbliżone wartości zdolności refleksyjnej klausthalitu i bohdanowiczytu utrudniają odróżnienie struktur obydwu minerałów w preparacie. Wymienione minerały wypełniają wolne przestrzenie w smółce uranowej (Pb) z objawami jej zastępowania. Ciemne plamy wśród selenków i emplektytu są wadami polerowania. Światło odbite, immersja, pow. 180×

Богдановичит (Bo), клаусталит (Cl) и эмлектит (Em) образуют взаимные нерегулярной формы. Близкие отражательные способности клаусталита и богдановичита препятствуют определению структур этих минералов в аншлифе. Эти минералы заполняют свободные пространства в урановой смолке (Pb) и проявляют признаки ее замещения. Темные пятна среди селенидов и эмлектитита — изъяны полировки. Отраженный свет, иммерсия, увел. 180×

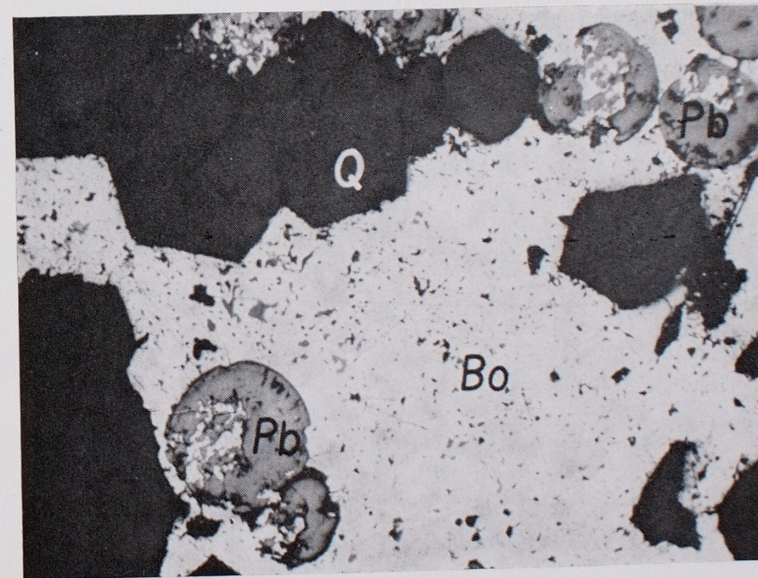
Phot. 2. Bohdanowiczite (Bo) with myrmekitic inclusions of chalcocite (grey points) cementing euhedral quartz (Q) and collomorphic grains of pitchblende (Pb). Within the groundmass of the latter mineral the metasomatic replacement by bohdanowiczite can be observed. Reflected light, enlarged 120×

Bohdanowiczyt (Bo) zawierający myrmekitowe inkluzje chalkozynu (szare punkty) cementuje euhedralny kwarc (Q) i kolomorficzne ziarna smółki uranowej (Pb). Obserwuje się metasomatyczne zastępowanie tej ostatniej przez bohdanowiczyt. Światło odbite, pow. 120×

Богдановичит (Bo), содержащий мирмекитовые включения халькозина (серые точки), цементирует идиоморфный кварц (Q) и колломорфные зерна урановой смолки (Pb). Наблюдается метасоматическое замещение смолки богдановичитом. Отраженный свет, увел. 120×



Phot. 1



Phot. 2

Marian BANAS, Joachim OTTEMANN — Supplementary data on bohdanowiczite, a natural silver-bismuth selenide

PLATE II (PLANSZA II, ТАБЛИЦА II)

Phot. 3. Relicts of pitchblende (Pb) resulting from the metasomatic substitution of this mineral by bohdanowiczite (Bo). Ca = chalcocite, Q = quartz. Reflected light, oil immersion, enlarged 180×

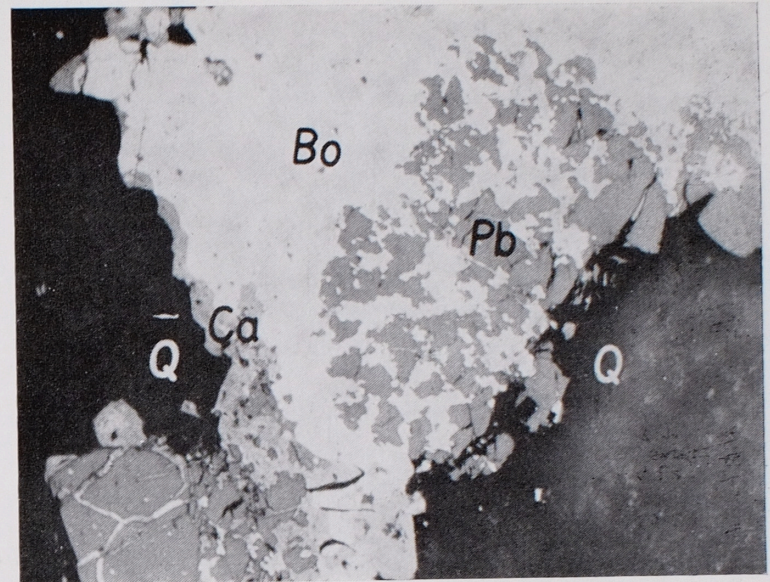
Relikty smółki uranowej (Pb) jako rezultat metasomatycznego zastępowania tego minerału przez bohdanowiczyt (Bo). Ca — chalkozyn, Q — kwarc. Światło odbite, immersja, pow. 180×

Реликты урановой смолки (Pb) как результат метасоматического замещения богдановичитом (Bo). Ca — халькозин, Q — кварц. Отраженный свет, иммерсия, увел. 180×

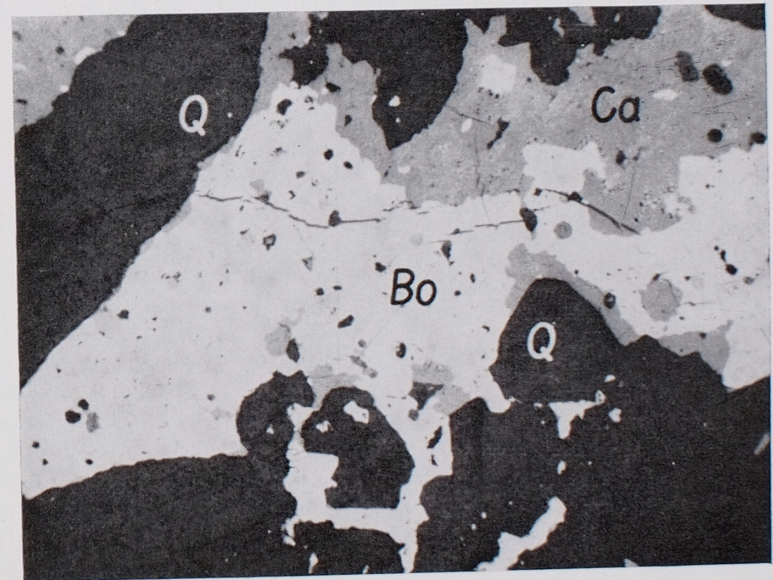
Phot. 4. Bohdanowiczite (Bo) with irregular aggregates and myrmekitic intergrowths of chalcocite (Ca) filling the cracks in quartz (Q) or cementing grains of this mineral. Reflected light, enlarged 60×

Bohdanowiczyt (Bo) z nieregularnymi skupieniami i myrmekitowymi przerozami chalkozynu (Ca) wypełnia szczelinki w kwarcu (Q) lub cementuje jego ziarna. Światło odbite, pow. 60×

Богдановичит (Bo) с нерегулярными скоплениями и мирмекитовыми включениями халькозина (Ca) заполняет трещинки в кварце (Q) или цементирует зерна кварца. Отраженный свет, увел. 60×



Phot. 3



Phot. 4

Marian BANAS, Joachim OTTEMANN — Supplementary data on bohdanowiczite, a natural silver-bismuth selenide

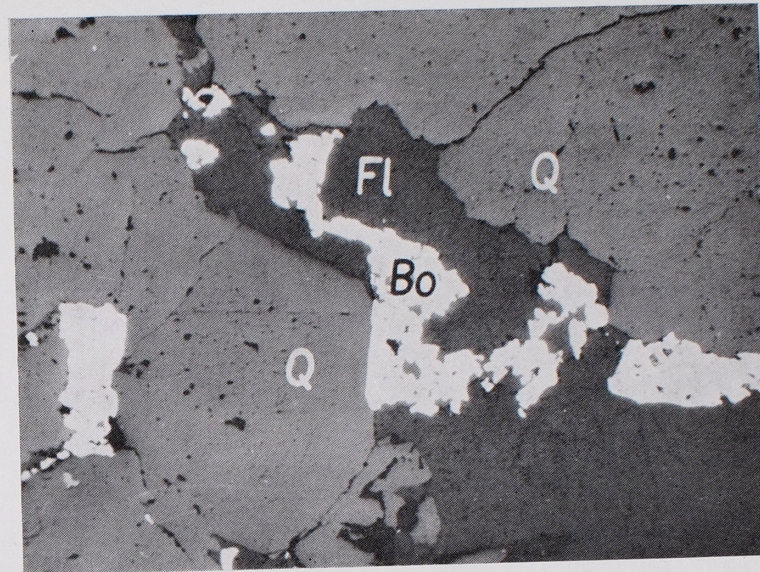
PLATE III (PLANSZA III, ТАБЛИЦА III)

Phot. 5. Irregular aggregates of bohdanowiczite (Bo) within fluorite (Fl) and quartz (Q). Reflected light, enlarged 60×
 Nieregularne skupienia bohdanowicytu (Bo) wśród fluorytu (Fl) i kwarcu (Q). Światło odbite, pow. 60×
 Нерегулярные скопления богдановичита (Bo) во флюорите (Fl) и кварце (Q). Отраженный свет, увел. 60×

Phot. 6. Bohdanowiczite under crossed nicols. Short, non-typical, two-directionally oriented polysynthetic twinning of this mineral is visible. Se- concentration of native selenium, formed from the breakdown of clausthalite. Reflected light, oil immersion, enlarged 180×

Bohdanowiczyt przy nikolach skrzyżowanych ujawnia krótkie, nietypowe, dwukierunkowo zorientowane, polisintetyczne zrosty bliźniacze. Se = skupienia selenu rodzimego, powstałego przez rozpad clausthalitu. Światło odbite, immersja, pow. 180×

Богдановичит при скрещенных николях проявляет короткие, нетипично ориентированные в двух направлениях, полисинтетические двойники. Se — скопления самородного селена, образованные за счет распада клаусталита. Отраженный свет, иммерсия, увел. 180×



Phot. 5



Phot. 6

Marian BANAS, Joachim OTTEMANN — Supplementary data on bohdanowiczite, a natural silver-bismuth selenide