

ZASTOSOWANIE ANALIZ CHEMICZNO-MINERALOGICZNYCH ZŁOTA OKRUCHOWEGO W PROSPEKCJI OKRUSZCOWANIA POLIMETALICZNEGO

APPLICATION OF THE CHEMICAL-MINERALOGICAL ASSAYS OF PLACER GOLD GRAINS IN THE PROSPECTION OF THE POLYMETALLIC MINERALISATION

Marcin Kania - Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski

Przedstawiono wyniki analiz składu chemicznego złota okruchowego z potoku Jamna oraz obecnych w nim inkluzji kruszców. Rezultaty badań wykorzystano w identyfikacji obszarów alimentacyjnych miejscowych wystąpień rozsypiskowych. W aluwialach potoku Jamna ziarna złota jednofazowego z wrostkami galeny, arsenków i siarkoarsenków Co-Fe-Ni współwystępują z ziarnami złota dwufazowego, zawierającego fazy Hg-nośnego elektrum. Zróżnicowanie składu chemicznego ziaren świadczy o pochodzeniu złota z dwóch odmiennych genetycznie obszarów źródłowych: polimetalicznych żył hydrotermalnych oraz okruscowanych skał osadowych permu.

Słowa kluczowe: złoto, potok Jamna, aluwia, amalgamat, inkluzje stałe

Results of the chemical composition of the gold grains from Jamna stream and occurring inclusions of ore minerals have been presented. Results have been used to identify the potential alimentary areas of the placer gold grains. Gold grains from the alluvial deposits of Jamna stream is represented by single-phase gold with inclusions of galena, Co-Fe-Ni arsenides, sulpho-arsenides and by biphasic gold, containing Hg-bearing electrum. Differentiation of the grain's chemical composition is an evidence of the gold's origin from two genetically distinct source areas: polymetallic hydrothermal veins and ore-bearing Permian sedimentary rocks.

Keywords: gold, Jamna stream, alluvium, amalgam, solid inclusions

Wstęp

Formowanie sudeckich osadów złotonośnych stanowi złożony, wieloetapowy proces, obejmujący ramy czasowe od paleogenu po holocen [5, 6, 7, 8]. Bezpośrednim przejawem ciągłości tego zjawiska i odnawiania rozsypisk Au-nośnych jest współwystępowanie w piaskach i żwirach holocenijskich ziaren złota zróżnicowanych pod względem stopnia obtoczenia i spłaszczenia [25]. Proces kształtowania rozsypisk poprzedzały długotrwałe procesy erozji źródłowych wystąpień pierwotnych, często genetycznie zróżnicowanych [5, 25, 30]. Część autorów sygnalizowała również możliwość włączenia materiału skandynawskiego w skład osadów złotonośnych [10, 16]. Wykazano ponadto współwystępowanie złocin pochodzenia naturalnego i antropogenicznego (technogenicznego) w osadach aluwialnych rejonu sudeckiego [11, 26, 31].

Z ww. powodów określenie źródła pochodzenia złota okruchowego wyłącznie na podstawie badań morfologii ziaren oraz składu mineralnego osadów Au-nośnych jest niewystarczające. Badania tego typu wymagają uwzględnienia wyników analiz składu chemicznego złocin, uzupełnionych o identyfikację obecnych w ziarnach złota inkluzji kruszców. Tego typu kierunek badań obrali brytyjscy geolodzy w latach 90-tych

XX wieku, wyróżniając wśród zidentyfikowanych wrostków paragenezy minerałów właściwych m.in. dla skarnów, formacji typu red-bed, skał maficznych czy żył mezotermalnych [15]. Wykazali tym samym możliwość rozróżnienia złocin odmiennego pochodzenia oraz identyfikacji i precyzyjnego zlokalizowania potencjalnych obszarów źródłowych. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki zastosowania przyjętej przez nich metodyki badań dla złocin występujących w osadach korytowych potoku Jamna.

Okolice Wlenia stanowią obszar o bogatej mineralizacji Au-polimetalicznej i związanej z nią historii eksploatacji. Górnictwo złota w rejonie Wlenia rozwijało się przynajmniej od czasów średniowiecza [3] do I połowy XX w. Obiektem wielowiekowej eksploatacji były liczne w tej części Sudetów okruscowane żyły hydrotermalne. Ostatnim epizodem działalności górniczej w rejonie Wlenia były podjęte po zakończeniu II wojny światowej prace poszukiwawcze za złożami rud uranu [17, 21].

Rozsypiska złotonośne okolic Wlenia nie były dotąd uwzględniane w pracach prospekcyjnych oraz rozpoznawczych, a historia ich eksploatacji jest słabo udokumentowana [17]. Złoto z miejscowych osadów nie zostało dotąd również poddane badaniom mineralogicznym.

Materialy, metodyka i aparatura

W ramach prac terenowych pozyskano osad złotonośny z koryta potoku Jamna w miejscowości Łupki, około 2 km w kierunku NW od Wlenia (rys. 1). Wykorzystano w tym celu własnoręcznie skonstruowany zestaw w postaci zmodyfikowanej pompy Hendersona z mobilnym koncentratorem grawitacyjnym [26]. Pozyskany materiał przesiano na sicie o okach 2 mm i wstępnie wzbogacono na misce do płukania złota. Wyodrębniony materiał poddano procesowi właściwego wzbogacania w Pracowni Analiz Surowców Mineralnych ING UW. Zastosowano w tym celu stół koncentracyjny typu Wilfrey z wielokrotnym zawracaniem odpadu do ponownej koncentracji.

Z uzyskanych złocin wykonano preparaty polerowane do badań w świetle odbitym i mikroobszarze. Zastosowano tarcze szlifierskie typu Piano oraz polerskie typu Dur, Mol, Nap i Chem firmy Struers z dedykowanymi pastami diamentowymi i zawiesziną krzemionki OP-S. Analizy w świetle odbitym wykonano przy pomocy mikroskopu Nikon Optiphot 2-Pol. Na potrzeby analiz w mikroobszarze preparaty napyłono grafitem. Analizy EDS wykonano z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego Quanta firmy FEI z detektorami serii X-Flash firmy Bruker. Zastosowano napięcie 25 kV. Do analizy charakterystycznych widm promieniowania rentgenowskiego oraz określenia składu pierwiastkowego wykorzystano oprogramowanie Esprit 1.9 firmy Bruker. Zastosowano procedurę PB-ZAF i korektę zawartości pierwiastka w formie napyłonej (Carbon Correction).

Zarys budowy geologicznej

Potok Jamna jest lewobrzeżnym dopływem Bobru, pod względem geograficznym zlokalizowanym na Pogórzu Izerskim [13]. Rzeka drenuje obszar o zróżnicowanej budowie

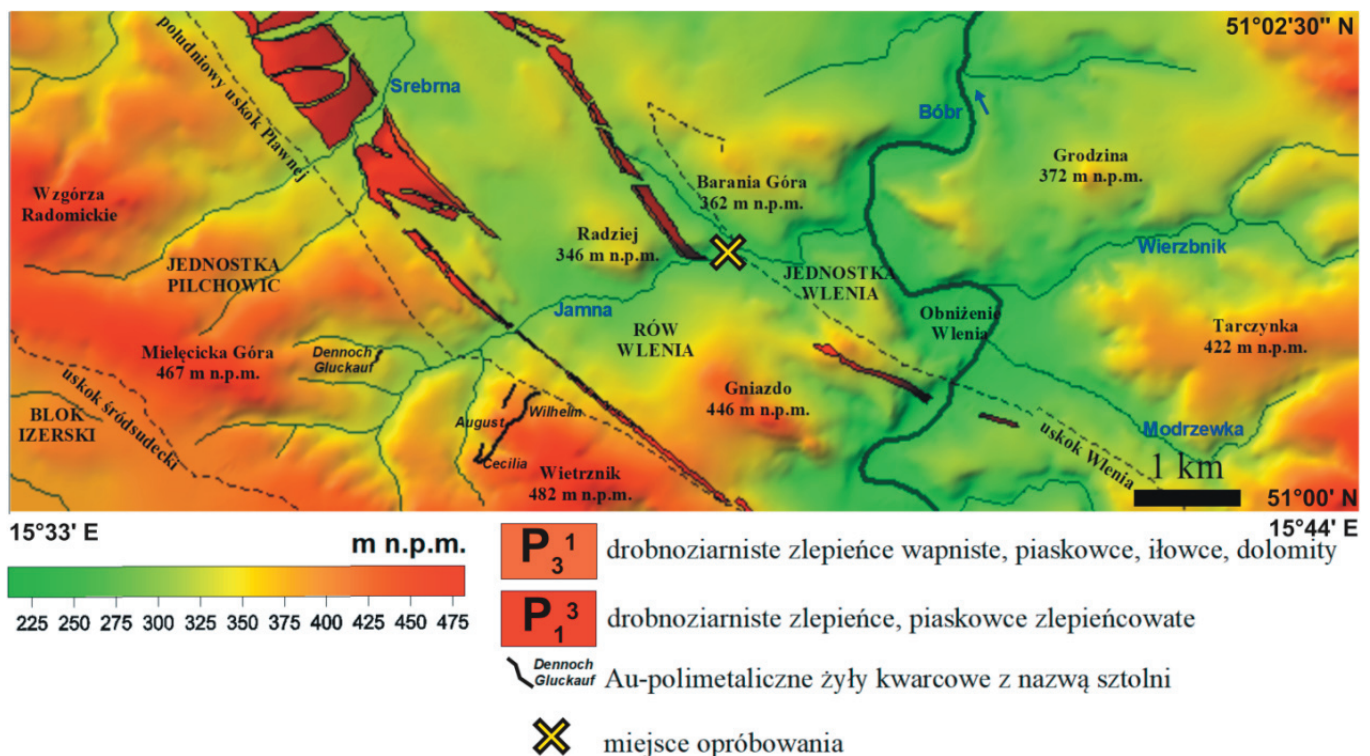
geologicznej na pograniczu metamorfiku kaczawskiego oraz niecki północnosudeckiej (ryc. 1) [23, 24].

W górnym biegu Jamna eroduje krystaliczny masyw jednostki pilchowskiej, zbudowanej z epimetamorficznych utworów kambru-syluru: łupków kwarcowo-serycytowych (fyllitów), podrzędnie wapieni krystalicznych i zieleńców [23, 24]. Metamorfik przecinają polimetaliczne żyły hydrotermalne, występujące w pasie od okolic Pławnej po dolinę Bobru w Nielestnie. Okruszczeniu uległy strefy dyslokacji o rozciągłości przeważnie NE-SW, szerokości do 2 m i długości do ponad 140 m. Średnia zawartość Au w poszczególnych żyłach waha się od kilku do około 120 ppm [4, 19, 21]. Złoto rodzime i elektum występują zarówno w postaci mikroskopowej (> 1 μm), jak i submikroskopowej (< 1 μm), rozproszone głównie w arsenopirycie i pirycie [19, 21].

Przeptywając przez próg południowego uskoku Pławnej, Jamna wpływa do tektonicznego rowu Wlenia. Rów wypełniają osady pokrywy epiwarwaryjskiej, reprezentowane przez utwory górnego karbonu, permu, dolnego triasu oraz górnej kredy z intruzjami wulkanitów czerwonego spągowca i miocenu. Miejscowo utwory epiwarwaryjskie przykryte są przez płyty osadów plejstoceńskich i holocenijskich. Po przekroczeniu progu uskoku Wlenia, Jamna wpływa na obszar jednostki Wlenia, zbudowanej z łupków kwarcowo-serycytowych, zieleńców i spilitów kambru-ordowiku [24].

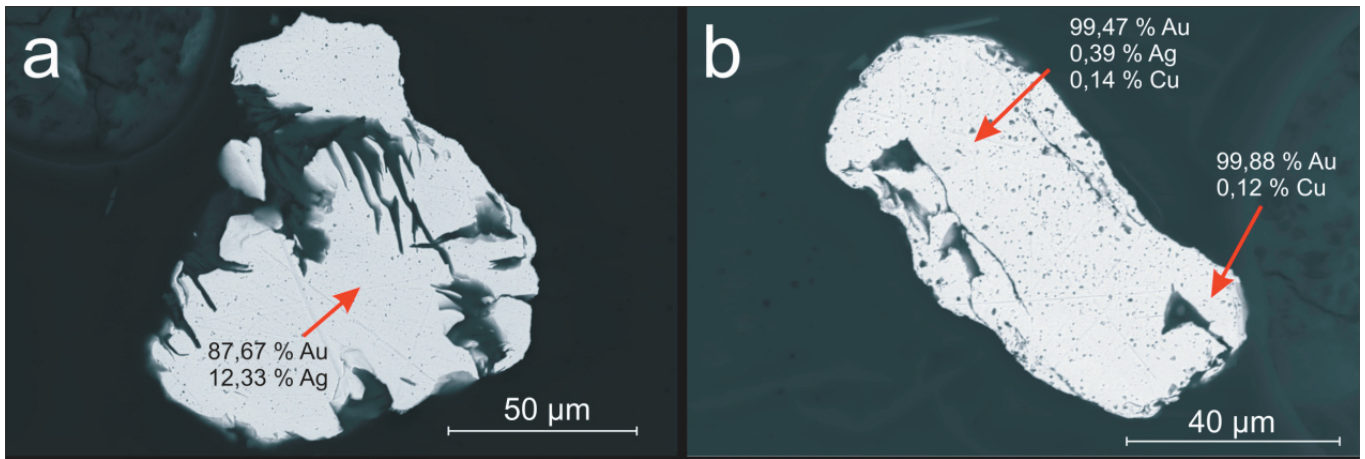
Wyniki badań mineralogiczno - chemicznych złocin

Badana populacja złocin reprezentowana jest przez ziarna o średnicy od 0,07 do 0,27 mm i zróżnicowanej morfologii. Część złocin charakteryzuje się nieregularnym kształtem, wskazującym na niewielki stopień erozji mechanicznej złocin (rys. 2a, 3b, 4b). Współwystępują z nimi ziarna o zaokrąglonych konturach, świadczących o intensywnej abrazji (rys. 2b, 3a).

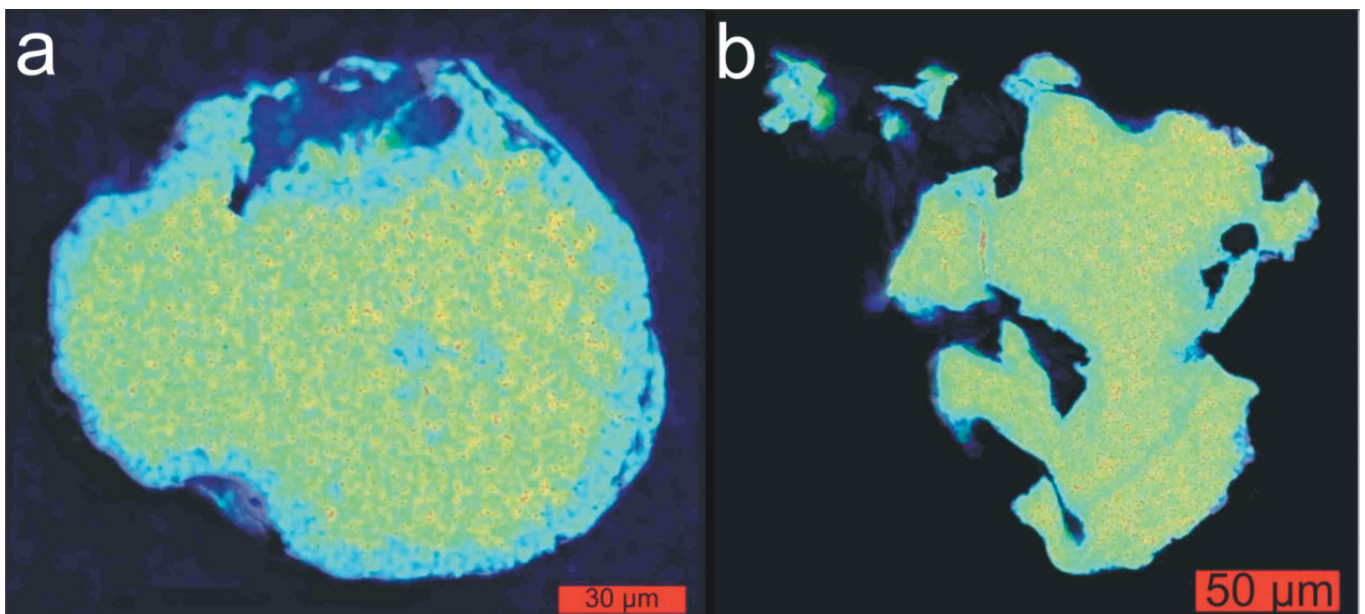


Rys. 1. Lokalizacja miejsca opróbowania na tle szkicu geologiczno-topograficznego [19, 23, 24]

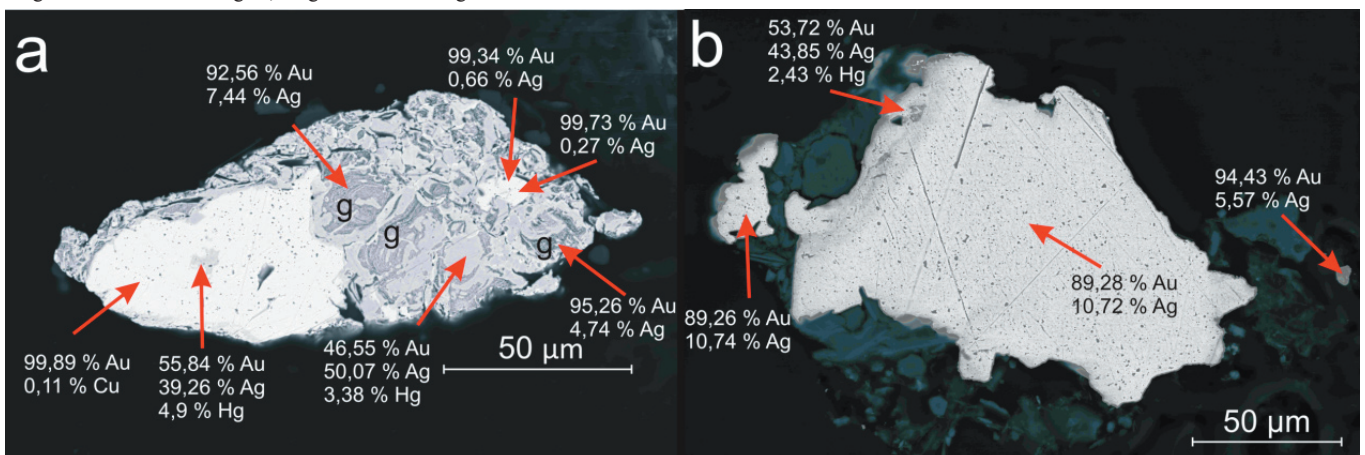
Fig. 1. Location of the sampling site compared to the geological-topographic sketch [19, 23, 24]



Rys. 2. Zróźnicowanie kształtu złocin
 a - ziarno o nieregularnym zarysie, b - ziarno o zaokrąglonych konturach
 Fig. 2. Differentiation of shape of the gold grains
 a - grain with an irregular outline, b - grain with rounded margins

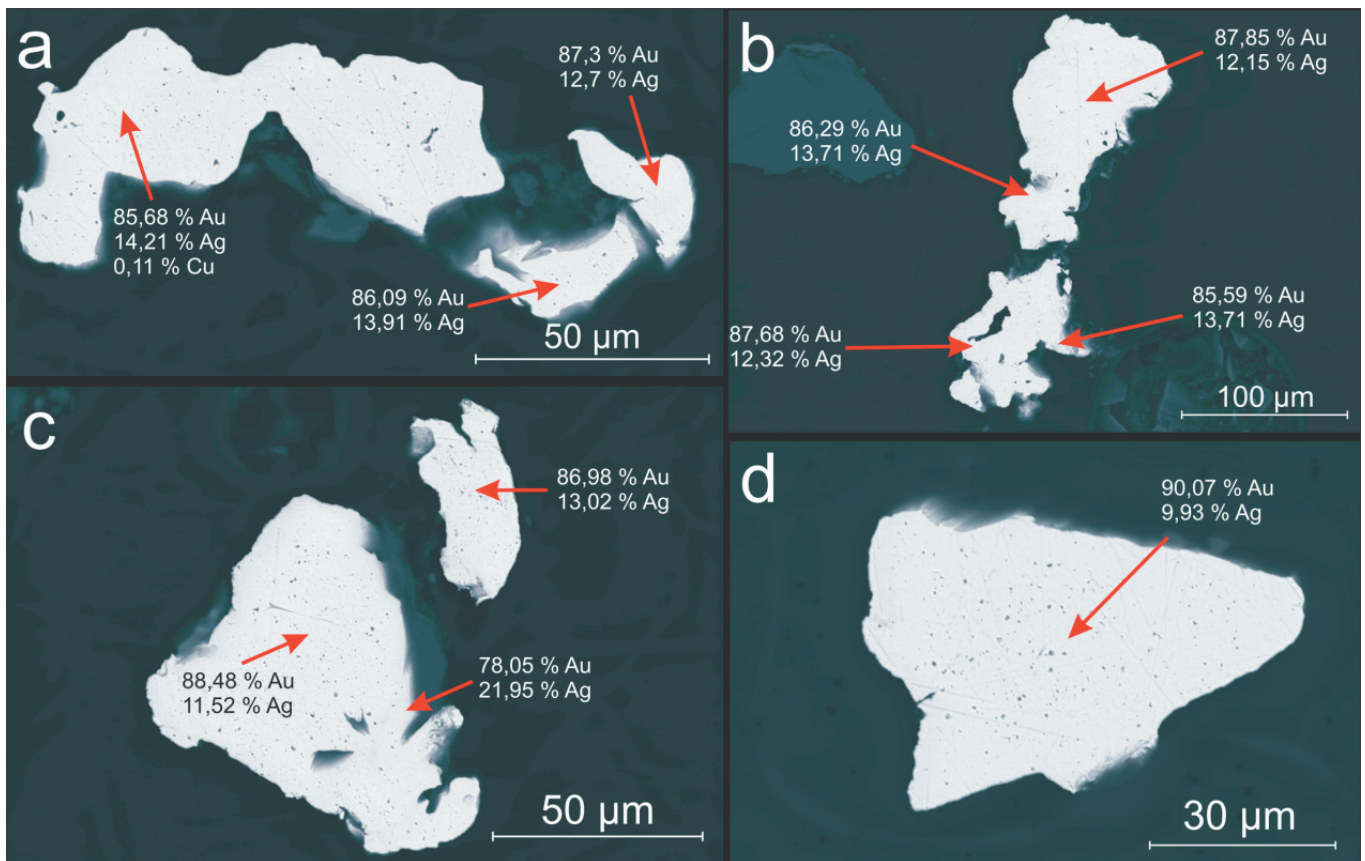


Rys. 3. Złociny o zubożonych w Ag krawędziach
 rozkład zawartości Ag, barwa żółto-czerwona oznacza wyższe koncentracje
 a - ziarno o zaokrąglonych konturach, b - ziarno o nieregularnym zarysie
 Fig. 3. Gold grains with Ag-depleted rims
 images of silver distribution, yellow and red colours represent higher concentrations
 a - grain with rounded margins, b - grain with an irregular outline



Rys. 4. Dwufazowe złociny Hg-nośne
 obrazy BSE; barwa ciemnoszara - faza Hg-nośnego elektum, barwa jasnoszara - faza złota rodzimego; g - przerosty geothytu; skład ilościowy w % wag.,
 znormalizowany do 100 %

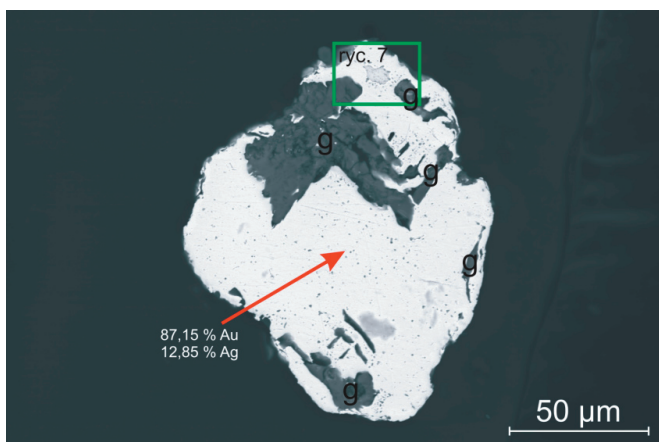
Fig. 4. Biphasic Hg-bearing gold grains
 BSE images; dark grey colour - phase of Hg-bearing electrum, light grey colour - phase of native gold; g - goethite's overgrowths; quantitative composition
 in weight %, values standardized to 100 %



Rys. 5. Złociny jednofazowe
obrazy BSE; skład ilościowy w % wag., znormalizowany do 100 %
Fig. 5. Single-phase gold grains
BSE images; quantitative composition in weight %, values standardized to 100 %

Złociny charakteryzuje znaczne zróżnicowanie zawartości Ag. Ziarna o śladowych zawartościach srebra rzędu dziesiątych części % wag. współwystępują z okruskami o składzie elektrom. W 12,5 % analizowanych złocin stwierdzono obecność krawędzi o wyraźnie niższej zawartości Ag względem środka ziaren. Występują one w ziarnach o różnym stopniu obtoczenia (rys. 3). Oprócz srebra wśród domieszek oznaczono rtęć oraz miedź, odpowiednio w ilościach do 4,9 i 0,14 % wag.

Wyróżniono dwie grupy ziaren o odmiennym składzie fazowym Au-Ag. Pierwsza reprezentowana jest przez nieliczne



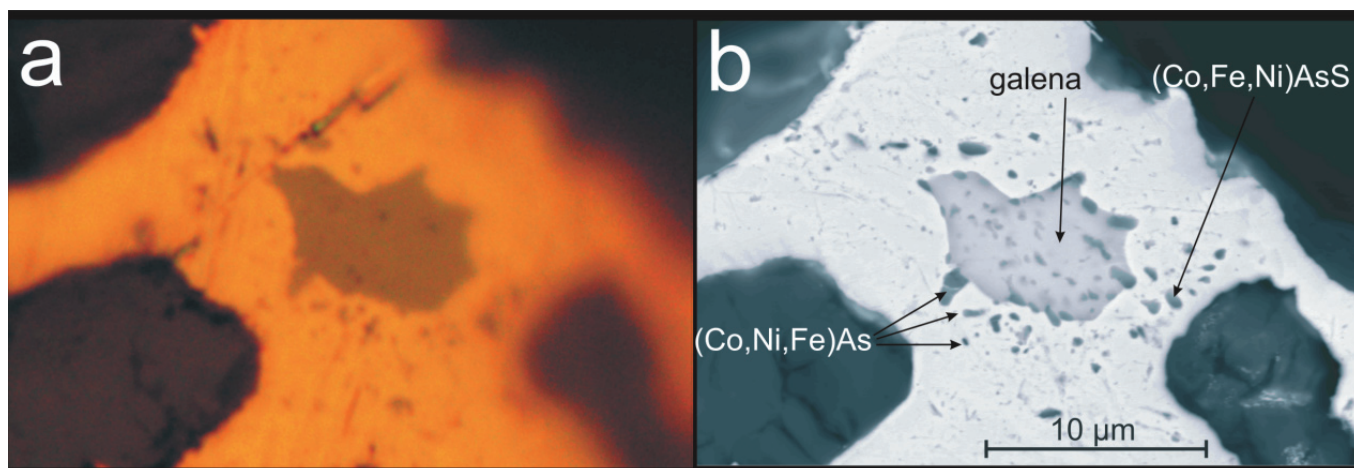
Rys. 6. Kruszczońska złocina jednofazowa
obraz BSE; g - większe skupienia goethytu; skład ilościowy w % wag., znormalizowany do 100 %
Fig. 6. Ore-bearing, single-phase gold grain
BSE image; g - major goethite's assemblages; quantitative composition in weight %, values standardized to 100 %

złociny dwufazowe, złożone z faz Hg-nośnego elektrom oraz złota rodzimego. Granica między nimi jest w każdym przypadku ostra, a obecność rtęci stwierdzono wyłącznie w fazie elektrom (rys. 4). Jedno z ziaren (rys. 4a) zawiera przerosty wodorotlenku żelaza [11]. Druga, liczniejsza grupa reprezentowana jest przez ziarna o jednorodnym składzie fazy złota rodzimego, z domieszką Ag do 21,63 % wag. W złocinach tego typu nie stwierdzono obecności Hg (rys. 5). W złocinach reprezentujących obydwie z ww. grup oznaczono śladowe ilości Cu (rys. 4a, 5a).

W jednej ze złocin jednofazowych (rys. 6) stwierdzono obecność inkluzji minerałów rudnych. Ziarno przerastają zrosty z goethytem o wymiarach do 100 μm z domieszką Ag, Al, As, Au, Ca, Cl, Cu, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, S, Si, Ti, Zn. Oprócz wodorotlenków Fe zidentyfikowano grupę pierwotnych, niezwiędzonych kruszców. Wyróżniono wśród nich 10-mikrometrowy wrostek galeny As-nośnej oraz liczne, drobne (około 1 μm średnicy) inkluzje minerałów o składzie arsenków i siarkoarsenków Co-Ni-Fe (rys. 7, 8).

Podsumowanie i wnioski

Uważa się, że rozwój „oczyszczonych” z Ag krawędzi zachodzi w środowisku hipergenicznym, na podstawie ich obecności podejmowano więc próby orientacyjnej oceny odległości migracji złocin od obszaru źródłowego [1]. Jako możliwy mechanizm powstania stref zubożenia wskazywano ługowanie srebra z roztworu stałego Au-Ag [2, 14], cementację Au na pierwotnym ziarnie złota srebrowego [18] lub rozkład stopu elektrom z równoczesnym wytrącaniem Au na powierzchni ziarna (*autoelektrorefinację*) [9].



Rys. 7. Wrostki minerałów rudnych w ziarnie złota rodzimego

a - obraz w świetle odbitym, bez analizatora; b - obraz BSE

Fig. 7. Inclusions of ore minerals in the native gold grain

a - image in reflected light, single nicol; b - BSE image

Wychodząc z założenia o rozwoju tego typu struktur w środowisku hipergenicznym, ich obecność ograniczać się powinna do złocin wykazujących cechy intensywnej abrazji. Uboższe w Ag krawędzie ziaren występują jednak również w złocinach ostrokrawędzistych o nieregularnym zarysie. Ich rozwój w złocinach tego typu wiązać się może z procesami ługowania Ag hydrotermalnymi roztworami chlorków. Możliwość rozwoju takiego procesu dowiedziono eksperymentalnie [12]. Ocena odległości migracji złocin od obszarów źródłowych wykonana na podstawie obecności krawędzi „oczyszczonych” z Ag powinna więc uwzględniać morfologię analizowanych ziaren.

Okruchy złota rodzimego obecne w aluwiach potoku Jamna pochodzą z przynajmniej dwóch genetycznie odmiennych obszarów źródłowych. Złoto jednofazowe stanowi najprawdopodobniej produkt wietrzenia miejscowych kwarcowych żył

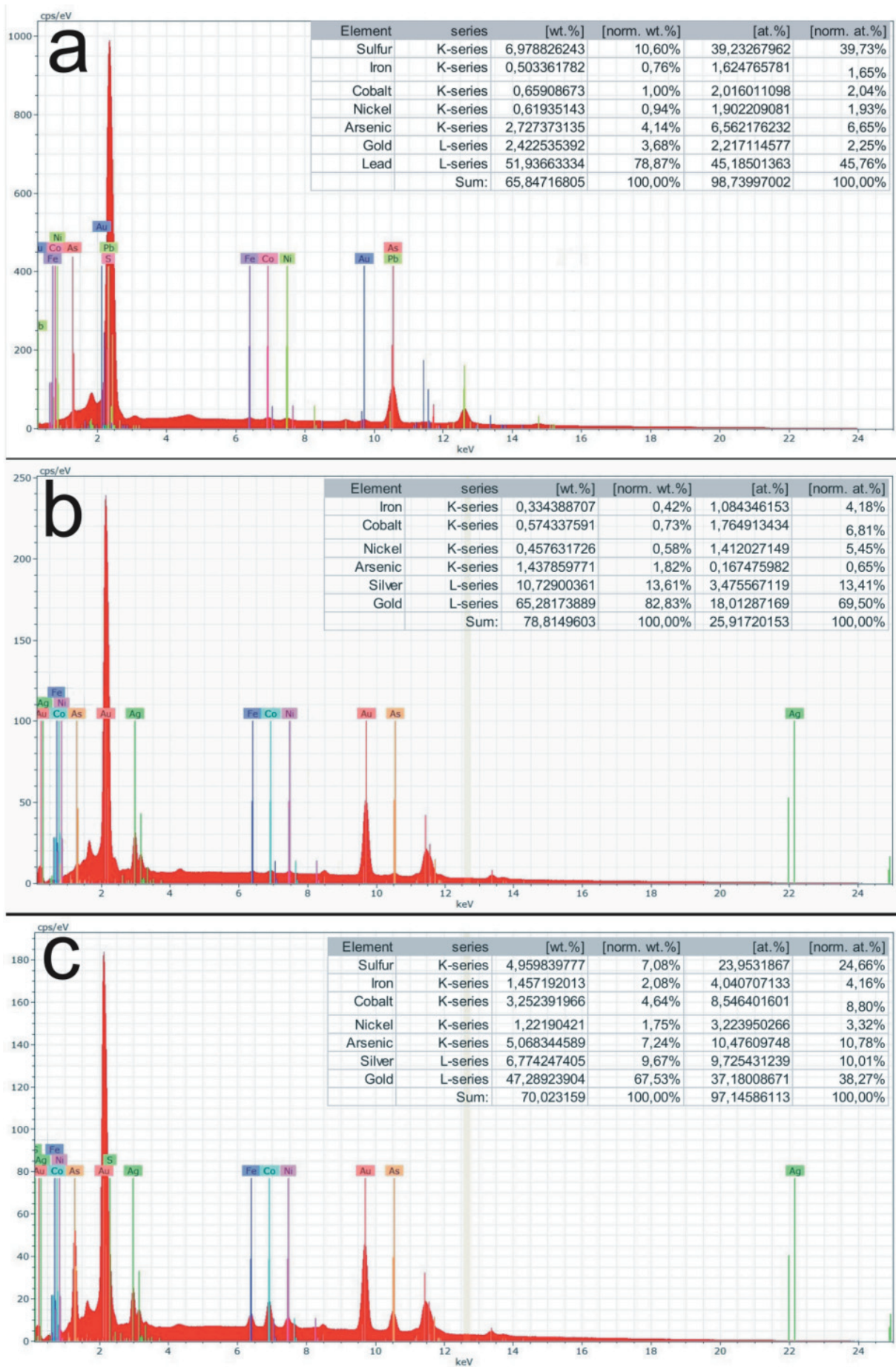
Au-polimetalicznych (rys. 1). Mineralizacja hydrotermalna metamorfiku kaczawskiego charakteryzuje się wysoką koncentracją arsenu, przeciętnie od kilku do ponad 30 % wag. dla poszczególnych żył rejonu Kleczy-Radomic [4, 19]. Wśród kruszców dominują arsenopiryt kobaltowy oraz piryt z domieszką Co i As. Obydwa minerały rudne stanowią główne kruszce Au-nośne [19, 21, 27].

Skład mineralny wrostków kruszców obecnych w złocinie jest zbieżny ze składem mineralnym żył hydrotermalnych rejonu Kleczy-Radomic (tab. 1). Siarkoarsenki i arsenki Co-Ni-Fe wykryły najprawdopodobniej we wcześniejszych etapach mineralizacji Au₁ i Au₂. Cementujące je złoto reprezentuje późniejszy etap Au₃. Wodorotlenki żelaza (goethyt i lepidokrokit) powstały na drodze zwietrzenia części pierwotnych minerałów rudnych w końcowym stadium okruszcowania.

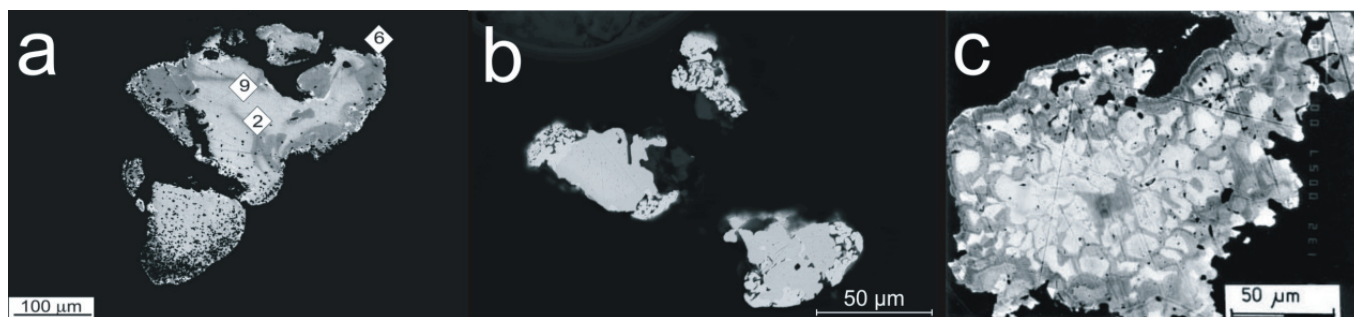
Tab. 1. Uproszczony schemat sukcesji minerałów w żyłach kwarcowo-polimetalicznych rejonu Kleczy-Radomic [19, 20, 22]

Tab. 1. Simplified scheme of succession of the minerals from quartz-polymetallic veins of Klecza-Radomice district [19, 20, 22]

stadium diagenety/metamorfizmu	etap Au ₁ (siarczkowy)	etap Au ₂ (siarczków metali podstawowych -elektrowęglanów)	etap Au _{3a} (chalcedonu-kaolinitu-Au rodzimego)	etap Au _{3b} (hematytu)	stadium supergenezy (wietrzeniowe)
piryt framboidalny	kwarc II	kwarc III	Au rodzime	kwarc IV chalcedon kalcyt II	goethyt
piryt II	arsenopiryt I	ankeryt dolomit I kalcyt I	markasyt	hematyt	lepidokrokit
chalkopiryt I	piryt III	chalkopiryt III	piryt V	Au rodzime	syderyt
pirotyn I	Au submikroskopowe	galena	kaolinit	tytanit	leukoksen
tlenki Ti	chalkopiryt II	sfaleryt I	illit	skorodyt	kowelin
kwarc I	pirotyn II	elektрум	turmalin	apatyt II	chalcedon
grafit	arsenopiryt II	chalkopiryt IV	chloryt		minerały ilaste
apatyt I	serycyt	sfaleryt II szereg tetradrytu piryt IV kobaltyn	albit		



Rys. 8. Widma rentgenowskie EDS inkluzji minerałów rudnych
 a - galena As-nośna, b - arsenki Co-Ni-Fe, c - siarkoarsenki Co-Fe-Ni
 Fig. 8. EDS X-ray spectrum of the ore minerals inclusions
 a - As-bearing galena, b - Co-Ni-Fe arsenides, c - Co-Fe-Ni sulpho-arsenides



Rys. 9. Dwufazowe złoto Hg-nośne

obrazy BSE; barwa szara - faza Hg-nośnego elektum, barwa biała - faza złota rodzimego

a - potok Zimnik k. Grodzica [32], b - Żeliszowski Potok (rejon Lwówka Śl.-Bolesławca) [11], c - wtórnice utleniony dolomit graniczny (kopalnia Polkowice) [28, 29]

Fig. 9. Biphase Hg-bearing gold

BSE images; grey colour - Hg-bearing electrum phase, white colour - native gold phase

a - Zimnik stream near Grodziec [32], b - Żeliszowki Stream (Bolesławiec-Lwówek Śl. district) [11], c - secondary oxidized boundary dolomite (Polkowice mine) [28, 29]

Obecność dwufazowego złota rtęciowego świadczy o włączeniu w skład aluwiiw potoku Jamna złocin pochodzących z dodatkowego, drugorzędowego obszaru alimentacyjnego. Ziarna o analogicznej strukturze i składzie fazowym znaleziono w osadach rejonu Lwówka Śl.-Bolesławca (rys. 9a) i Grodzica (rys. 9b) [11, 32]. Złoto o podobnym składzie fazowym zidentyfikowano we wtórnice utlenionych utworach serii Cu-nośnej w kopalni Polkowice (rys. 9c) [28, 29]. Prawdopodobnymi obszarami alimentacyjnymi złocin tego typu z aluwiiw potoku Jamna są strefy kontaktowe utworów czerwonego spągowca i cechsztynu na obszarze rowu Wlenia (rys. 1).

Wyniki analiz morfologicznych oraz chemiczno-mineralogicznych złocin z aluwiiw rzeki Jamna wskazują na długotrwały, stale zachodzący proces formowania rozsypisk złotonośnych okolic Wlenia. Świadczą jednocześnie o migracji złota okrucowego z obszarów źródłowych o zróżnicowanych genetycznie przejawach mineralizacji Au-polimetalicznej. Zaprezentowana w artykule metodyka pozwala na rozróżnienie populacji złocin odmiennego pochodzenia. Stanowić może tym samym udoskonalenie poszukiwań przejawów okrucowania z użyciem klasycznych badań metodą szlichową.

Literatura

- [1] Banaś J., Grodzicki A., Salamon W., *Mineralogic-geochemical characterization of detrital native gold from the vicinity of Złotoryja and Wądroże Wielkie, Lower Silesia, SW Poland*. Mineralogia Polonica, 1985, 16, 1: 97-107
- [2] Desborough G.A., *Silver depletion indicated by microanalysis of gold from placer occurrences, Western United States*. Economic Geology, 1970, 65: 304-311
- [3] Domaszewska T., *Występowanie i eksploatacja złota na Dolnym Śląsku*. Przegląd Geologiczny, 1964, 12, 4: 180-184
- [4] Fedak J., Lindner M., *Metalogeneza Sudetów*. Prace IG, 1966
- [5] Grodzicki A., *Petrografia i mineralogia piasków złotonośnych Dolnego Śląska*. Geologia Sudetica, 1972, 6: 233-291
- [6] Grodzicki A., *Piaski złotonośne Dolnego Śląska w świetle teorii denudodezagregacji*. [W]: Muszer A. (red.), Metale szlachetne w NE części Masywu Czeskiego i w obszarach przyległych, geneza, występowanie, perspektywy. Konf. Nauk. Jarnołtówek 19-21.06.1997, 95-98. Wrocław
- [7] Grodzicki A., *Litostratygrafia, petrografia i mineralogia kenozoicznych piasków złotonośnych Dolnego Śląska*. Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, 1998, 32: 31-41
- [8] Grodzicki A., *Placer gold in Sudetes Mountains and in their foreland*. [W]: Kozłowski A., Mikulski S.Z. (red.), Gold in Poland. Archivum Mineralogiae Monograph, 2011, 2: 191-208
- [9] Groen J.C., Craig J.R., Rimstidt J.D., *Gold-rich rim formation on electrum grains in placers*. Canadian Mineralogist, 1990, vol. 28: 207-228
- [10] Jęczmyk M., Krzemińska E., *Skład chemiczny złota okrucowego w utworach aluwialnych Pogórza Izerskiego*. Przegląd Geologiczny, 1996, vol. 44, 3: 285-290
- [11] Kania M., Muszer A., *Charakterystyka złota Hg-nośnego z wybranych obszarów Dolnego Śląska*. Górnictwo Odkrywkowe, 2017, 5: 11-21
- [12] Kołodziej B., Muszer A., Adamski Z., *Badania zachowania się stopu Au-Ag w roztworach chlorków*. Pr. Nauk. Inst. Górnictwa PWr, Mat. Konf., 2000, 25 (88): 15-23
- [13] Kondracki J., *Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne*. PWN, Warszawa 1994
- [14] Krupp R.E., Weiser T., *On the stability of gold-silver alloys in the weathering environment*. Mineralium Deposita, 1992, 27: 268-275
- [15] Leake R.C., Styles M.T., Bland D.J., Henney P.J., Wetton P.D., Naden J., *The interpretation of alluvial gold characteristics as an exploration technique*. British Geological Survey, ODA Technical Report WC/95/22, Overseas Geology Series. Keyworth, Nottingham 1995

- [16] Łuszczkiewicz A., Muszer A., *Złoto ze złożeń kruszyw naturalnych Rakowice koło Lwówka Śląskiego*. Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, 1999, 33: 99-106
- [17] Maciejak K., *Górnictwo złota w Górach Kaczawskich i na ich przedpolu*. [W]: Kozłowski A., Mikulski S.Z. (red.), *Gold in Poland*. Archivum Mineralogiae Monograph, 2011, 2: 243-304
- [18] Mann A.W., *Mobility of gold and silver in lateritic weathering profiles: Some observations from Western Australia*. Economic Geology, 1984, 79: 35-49
- [19] Mikulski S.Z., *The late Variscan gold mineralization in the Kaczawa Mountains, Western Sudetes*. Polish Geological Institute Special Papers, 2007, 22
- [20] Mikulski S.Z., *Powstanie pierwotnych złóż złota w Górach Kaczawskich a procesy geotektoniczne w karbonie i permie*. Przegląd Geologiczny, 2007, vol. 55, 4: 299-300
- [21] Mikulski S.Z., *Gold deposits in Kaczawa Mountains, West Sudetes, SW Poland*. [W]: Kozłowski A., Mikulski S.Z. (red.), *Gold in Poland*. Archivum Mineralogiae Monograph, 2011, 2: 63-83
- [22] Mikulski S.Z., *Gold-chalcedony overprint on the auriferous sulphide ores in the Kaczawa Mountains*. [W]: Kozłowski A., Mikulski S.Z. (red.), *Gold in Poland*. Archivum Mineralogiae Monograph, 2011, 2: 85-97
- [23] Milewicz J., *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25 000, arkusz Lubomierz*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1970
- [24] Milewicz J., Frąckiewicz W., *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25 000, arkusz Wleń*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1985
- [25] Muszer A., *Analiza technologicznych możliwości odzysku złota i innych metali w trakcie eksploatacji surowców skalnych spod lustra wody w rejonie lwóweckim*. Górnictwo Odkrywkowe, 2011, 6: 141-146
- [26] Muszer A., Ćwiertnia J., Kania M., *Złoto antropogeniczne z rejonu Złotoryi (Pogórze Kaczawskie)*. Górnictwo Odkrywkowe, 2016, 4: 5-11
- [27] Olszyński W., Mikulski S.Z., *Złoto rodzime w łupkach z Radomic koło Wlenia*. [W]: Muszer A. (red.), *Metale szlachetne w NE części Masywu Czeskiego i w obszarach przyległych - geneza, występowanie, perspektywy*. Konf. Nauk. Jarnołtówek 19-21.06.1997, 86-90. Wrocław
- [28] Piestrzyński A., Pieczonka J., *Tetraauricupride from the Kupferschiefer type deposit, SW Poland - the first occurrence*. Mineralogia Polonica, 1998, vol. 29, 1: 11-18
- [29] Piestrzyński A., Pieczonka J., Głuszek A., *Redbed-type gold mineralisation, Kupferschiefer, South-West Poland*. Mineralium Deposita, 2002, 37: 512-528
- [30] Urbański P., *Osady złotonośne doliny potoku Kraszówka (Pogórze Kaczawskie)*. Biuletyn PIG, 2010, 439: 375-388
- [31] Wierchowicz J., *Gold in technogenenous placers of Lower Silesia, Poland*. Wydawnictwo UW, Warszawa 2010
- [32] Wierchowicz J., Zieliński K., *Origin of placer gold and other heavy minerals from fluvial Cenozoic sediments in close proximity to Rote Fäule-related Au mineralisation in the North Sudetic Trough, SW Poland*. Geological Quarterly, 2017, 61 (1): 62-80



Kopalnia Biała Góra

z arch. Kopalni