

ZŁOTO ANTROPOGENICZNE Z REJONU ZŁOTORYI (POGÓRZE KACZAWSKIE)

ANTHROPOGENIC GOLD FROM ZŁOTORYJA AREA (KACZAWA FOOTHILLS)

Antoni Muszer, Janusz Ćwiertnia, Marcin Kania – Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski

Zbadano możliwość zastosowania mobilnego koncentratora grawitacyjnego do poszukiwań złota w okolicy Złotoryi. W koncentratkach powstałych w wyniku wzbogacania materiału aluwialnego okolicznych strumieni stwierdzono występowanie minerałów tlenkowych uwolnionych, tj. magnetytu, hematytu, ilmenitu, rutyłu, anatazu, kasyterytu, goethytu, psydomelanu, piroluzytu oraz kuprytu. Ponadto stwierdzono obecność monacytu, wolframitu, cyrkonu, schelitu, granatów. Spośród siarczków i siarkoaresenków występują ziarna pirytu, chalkopirytu, arsenopirytu, sfalerytu, galeny, markasytu, framboidów pirytowych oraz kowelinu. W materiale badawczym stwierdzono obecność minerałów rodzimych oraz metali i ich stopów. Są to złoto rodzime, złoto antropogeniczne, złoto srebrne, srebro rodzime, ołów metaliczny, miedź metaliczna, krzemki Fe oraz liczne sferule o składzie Ti-V-Fe. Złoto antropogeniczne charakteryzuje się strukturą gąbczastą i zawiera śladowe ilości Fe, Ni oraz Hg.

Słowa kluczowe: złoto rodzime, złoto antropogeniczne, kruszce, sferule Fe-Ti, złoża złota

Mobile gravity concentrator was used to search for gold near Złotoryja. Oxide minerals (magnetite, hematite, ilmenite, rutile, anatase, cassiterite, goethite, psilomelane, pyrolusite and cuprite) and monazite, wolframite, zirconium, scheelite, garnets were found in the concentrates from alluvial's material. Additionally sulfides and arsenic sulfides (pyrite, chalcopyrite, arsenopyrite, sphalerite, galena, marcasite, framboidal pyrite and covellite) were also found in the concentrate. During the study, material revealed the presence of native minerals and metals as well as their alloys (native gold, anthropogenic gold, Ag-gold, native silver, metallic lead, copper metal, Fe-silicide and spherule Ti-V-Fe). Anthropogenic gold has a spongy structure and contains trace amounts of Fe, Ni, and Hg.

Keywords: native gold, anthropogenic gold, ores, Fe-Ti spherules, gold deposits

Wstęp

Odkrycie złota w okolicach Złotoryi sięga XII w., kiedy to w rejonie wsi Kopacz natrafiono po raz pierwszy na złocinki w osadach terasy rzeki Kaczawa. Z początkiem XIII w. (1211 r.) założono miasto górniczego Aureus Mons lub Aurymontium (Złotoryja) na prawie niemieckim. Po bitwie pod Legnicą w 1241 r. z Tatarami zakończono roboty górnicze i dopiero od 1274 r. zostały zintensyfikowane prace poszukiwawcze za złotem [1, 2]. Powstało w tym czasie sześć kopalń Golden Schlag, Golden Rad, Fuchs Winkel, Zum Reisch, Zu den Sieben Büthen i Uff der Hube. Gorączka złota zakończyła się w pierwszej połowie XIV wieku [3]. Po dwóch wiekach, w 1569 r. pod patronatem księcia legnickiego podjęto próbę wznowienia robót górniczych, jednakże bez większych pozytywnych rezultatów. Ponowne zainteresowanie eksploatacją złota nastąpiło w XVIII w. tj. od 1738 r. do 1786 r. Płukano okoliczne piaski, a rudę prażono i przetapiano w prowizorycznej hucie. Ostatnie próby eksploatacji piasków złotonośnych datowane są na XX w. (lata 1920-1934 r.) [1, 2]. Od tego czasu zaprzestano poszukiwań złóż i wystąpienia złota w rejonie Złotoryi.

Głównym celem podjętych badań w rejonie Złotoryi było przetestowanie mobilnego koncentratora grawitacyjnego (MKG) dla potrzeb poszukiwań złota rodzimego oraz próba reinterpretacji potencjału złożowego obszaru okolic Złotoryi

pod kątem obecności złota. Obszar badań minerałów ciężkich w aluwialnych i korytach cieków wodnych zlokalizowano w trójkącie, pomiędzy miejscowościami Złotoryja, Pielgrzymka i Uniejowice (rys. 1). Pod względem geologicznym obszar badań położony jest na Pogórzu Kaczawskich zbudowanym w podłożu ze staropaleozoicznych łupków epimetamorficznych, na których zalegają utwory pliocenu, głównie piasków kwarcowych i ilastych oraz plejstocenu reprezentowanego przez utwory zlodowacenia środkowopolskiego (gliny morenowe, fluwioglacjalne piaski i żwiry). Utwory starsze porożcinane są ciekami wodnymi, w których gromadzą się aluwialne osady czwartorzędowe. Materiał korytowy cieków wodnych oraz teras zalewowych pochodzi z erozji starszych skał i wyżej leżących teras rzecznych.

Na podstawie swoich wieloletnich badań Grodzicki [4, 5, 6] określił i scharakteryzował występowanie pierwotnych złóż złota w rejonie Złotoryi - Lwówka Śl. (rys. 2). Analizując skład mineralogiczno-petrograficzny i pozycję stratygraficzną osadów autor wydzielił trzy grupy utworów złotonośnych, tj. plioceńskie żwiry i piaski złotonośne, plejstocieńskie gliny i żwiry fluwioglacjalne oraz holocieńskie utwory aluwialne. Z wyżej wymienionych utworów na obszarze badań nie odsłaniają się utwory plioceńskie.

Według Grodzickiego [4] na obszarze badań w ubiegłych wiekach istniało wiele szybów złotonośnych. Ich usytuowanie



Rys. 1. Obszar badań z zaznaczonymi ciekami wodnymi pomiędzy Złotoryją-Pielgrzymką a Uniejowicami
 Fig. 1. Studied area with marked waterways between Złotoryja-Pielgrzymka and Uniejowice

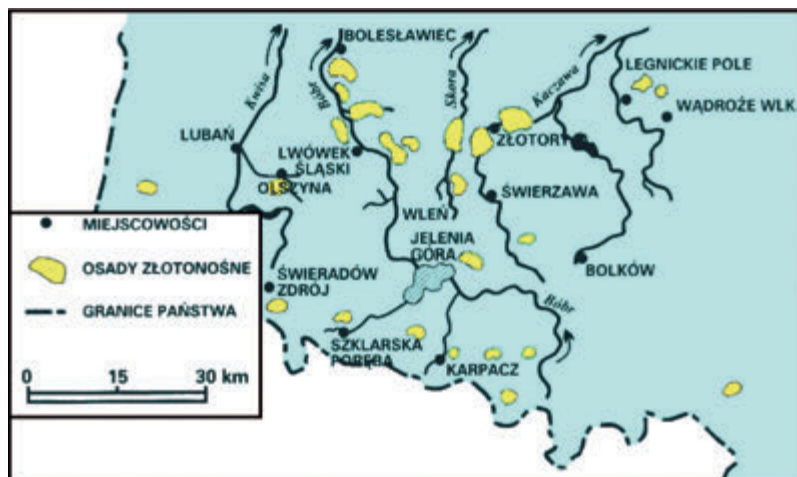
słabo zaznacza się w morfologii terenu. Większość z nich została zniwelowana, jednakże wzdłuż drogi do Pielgrzymki oraz do Uniejowic w morfologii można zauważyć zwały lub wypukłości terenu porośnięte lasami. Tego typu formy są pozostałością po wyrobiskach górniczych.

Materiały, metodyka i aparatura

Materiał do badań pobrano metodą punktową z różnych strumieni występujących w okolicy Złotoryi, Pielgrzymki i Uniejowic. Próbkę pobierano za pomocą mobilnego koncentratora grawitacyjnego własnej konstrukcji (MKG, rys. 3), pompując materiał z dna poszczególnych cieków lub teras za pomocą pompy Hendersona. Materiał wyciągnięty z koncentratora MKG przesiano wstępnie przez sita o średnicy oczek 2 i 0,7 mm. Klasy powyżej 0,7 mm podkoncentrowano na misce

uzyskując koncentrat złota oraz odpad. Pozostały materiał poddano koncentracji magnetycznej na mokro w polu magnetycznym o natężeniu 9000 Gs, a następnie wzbogaceniu za pomocą stołu koncentracyjnego typu Wilfley, wielokrotnie zwracając powstały odpad ponownie do koncentracji w celu uzyskania jak największej ilości złota. Wszystkie badania wzbogacania minerałów rudnych wykonano w Pracowni Analiz Surowców Mineralnych ING Uniwersytetu Wrocławskiego.

Z próbek wydzielonych koncentratów wykonano preparaty polerowane do badań mikroskopowych. Polerowanie przeprowadzono na standardowych podkładach DP-Dur, DP-Mol i DP-Nap firmy „Struers”, przy zastosowaniu odpowiednich past diamentowych o określonej granulacji dla podkładów polerowych. Etap końcowy polerowania wykonano na podkładach OP-Chem, z zastosowaniem zawiesiny OP-U Suspension, przeznaczonej do finalnego polerowania metali oraz minerałów



Rys. 2. Osady złotonośne w rejonie Złotoryi-Lwówka
 Fig. 2. Gold-bearing sediments in the area of Złotoryja-Lwówek Śl.



Rys. 3. Mobilny koncentrator grawitacyjny (MKG) z pompą Hendersona
Fig. 3. Mobile gravity concentrator (MKG) with the Henderson's pump

oraz skałotwórczych wykonano na mikroskopie skaningowym JOEL JSM-55800LV w Instytucie Materiałoznawstwa na Politechnice Wrocławskiej. Badania składu pierwiastkowego koncentratów magnetycznych wykonano za pomocą urządzenia przenośnego XRF Genius 5000.

Wyniki badań mineralogicznych

W koncentratkach stwierdzono występowanie minerałów tlenkowych uwolnionych, tj. magnetytu, hematytu, ilmenitu, rutylu, anatazu, kasyterytu, goethytu, psylomelanu, piroluzytu oraz kuprytu. Wymienione minerały tlenkowe tworzą automorficzne lub hipautomorficzne ziarna o wielkości od kilkunastu mikrometrów do kilku milimetrów średnicy. Wśród minerałów uwolnionych obecne są również monocyty, wolframity, cyrkon, schelity oraz liczne granaty o charakterystycznych barwach od bordowych do czerwonych (rys. 4). Granaty osiągają 4 mm



Rys. 4. Granaty wydobyte z osadów korytowych okolic Złotoryi
Fig. 4. Garnets recovered from the channel sediments of the Złotoryja area

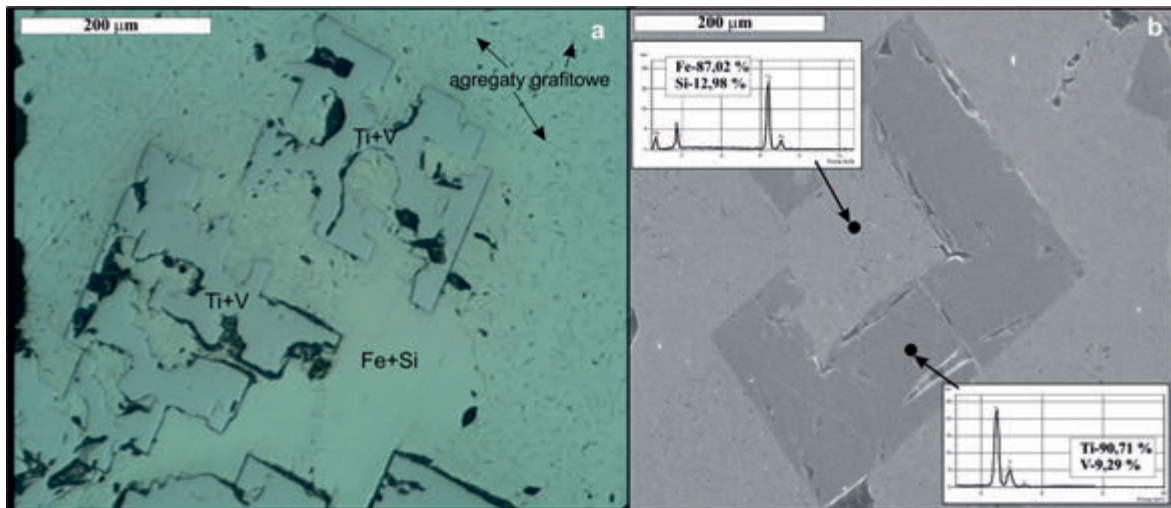


Rys. 5. Sferule magnetyczne wydobyte z osadów korytowych okolic Złotoryi
Fig. 5. Magnetic spherules recovered from the channel sediments of the Złotoryja area

rudnych. Próbki koncentratów poddano kompleksowym badaniom makroskopowym i mikroskopowym, tj. pod mikroskopem stereoskopowym (SMZ-2B firmy Nikon) oraz mikroskopem do światła odbitego i przechodzącego (Optiphot 2-Pol firmy Nikon). Badania składu pierwiastkowego minerałów kruszczowych

średnicy. Większość z nich jest słabo obtoczona.

Cechą charakterystyczną zebranego materiału jest obecność minerałów siarczkowych i arsenkowych, nigdy wcześniej nie opisywanych w literaturze z tego rejonu. Minerale te występują we wzajemnych zrostach lub są uwolnione. Jako słabo odporne



Rys. 6. Kryształy szkieletowe w sferulach magnetycznych Fe-Ti-Si: a) światło odbite, bez analizatora, b) zdjęcie fazowe, mikroskop SEM
 Fig. 6. Skeletal crystals in magnetic spherules Fe-Ti-Si: a) reflected light, without analyser, b) image phase, microscope SEM



Rys. 7. Złoto rodzime z najgrubszej frakcji z okolic Złotyja
 Fig. 7. Native gold of the thickest fraction from the Złotyja area

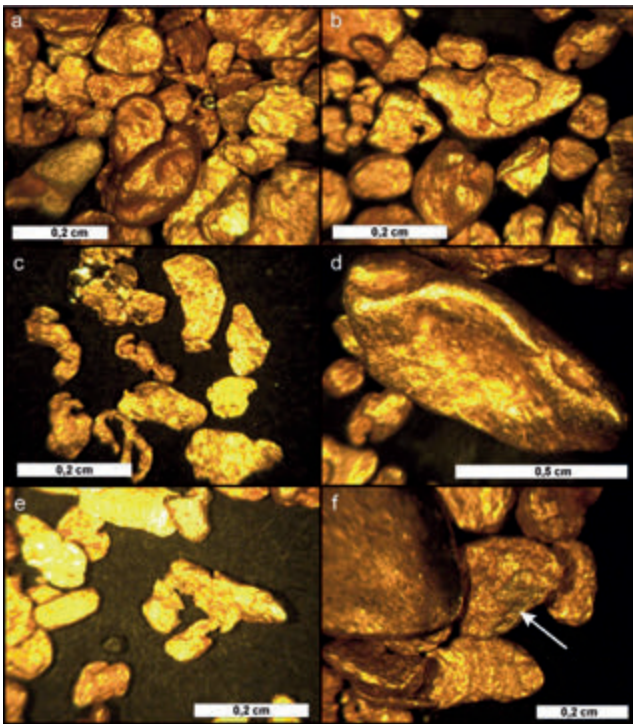
na czynniki fizyczno-chemiczne powinny ulec zwiertzeniu. Ich wielkość waha się od kilku mikrometrów średnicy do okruszków rud wielkości kilkunastu milimetrów. W zrostach i przerostach widoczne są: piryt, chalkopiryt, arsenopiryt, sfaleryt, galena, markasyt, framboidy pirytowe oraz kowelin. Obecne w chal-

kopirycie gwiazdkowe struktury z rozpadu roztworu stałego chalkopiryt-sfaleryt wskazują jednoznacznie na pochodzenie kruszców z żył kata- do mezotermalnych. W materiale badawczym stwierdzono również obecność minerałów rodzimych oraz metali i ich stopów. Są to: złoto rodzime, złoto srebrne, srebro rodzime, ołów metaliczny, miedź metaliczna, krzemki Fe oraz liczne sferule o składzie Ti-V-Fe. Skład omawianego koncentratu grawitacyjnego wskazuje na różne pochodzenie składników ciężkich. Złoto występujące w tej parasterezie jest związane genetycznie najprawdopodobniej tylko z niektórymi jej składnikami.

W koncentracie magnetycznym otrzymanym z koncentratu grawitacyjnego MKG stwierdzono obecność licznych sferul o składzie magnetyt-hematyt oraz stopów Fe-Ti-V (rys. 5). Sferule charakteryzują się bardzo gładką powierzchnią, a kryształy szkieletowe w większych sferulach o średnicy 0,5 cm widoczne są makroskopowo. Sferule zbudowane z magnetytu oraz hematytu wykazują ślady wietrzenia w postaci rozwiniętej powłoki goethytowej na ich powierzchni. Jednakże większość sferul w koncentracie, o składzie stopów Fe-Ti (tab. 1), nie uległa wietrzeniu, zachowując srebrzysty połysk (rys. 5). Skład pierwiastkowy omawianych sferul, charakterystyczna mikrotekstura porowata, a także obecność agregatów grafitowych

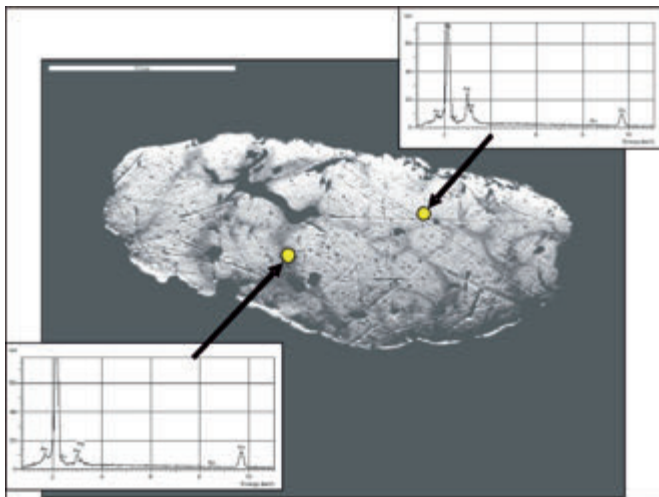
Tab. 1. Analizy pierwiastkowe koncentratu sferul wykonane za pomocą XRF Genius 5000
 Tab. 1. Elemental analysis of the concentrate spherules made with Genius 5000 XRF

Pierwiastki	Analizy w % wag.			
Fe	91,00	72,11	95,98	66,23
Ti	4,20	15,03	1,40	18,34
V	3,30	11,00	1,14	13,44
Mg	0,55	0,26		
Co	0,31	0,40	0,27	0,50
Cu	0,30	0,22	0,40	0,28
Cr	0,25	0,31	0,26	0,47
Mo	0,01	0,44	0,10	
W	0,06			0,14
Nb	0,02	0,13	0,07	0,50
Mn			0,20	
Ni		0,10	0,18	0,10
Suma	100,00	100,00	100,00	100,00



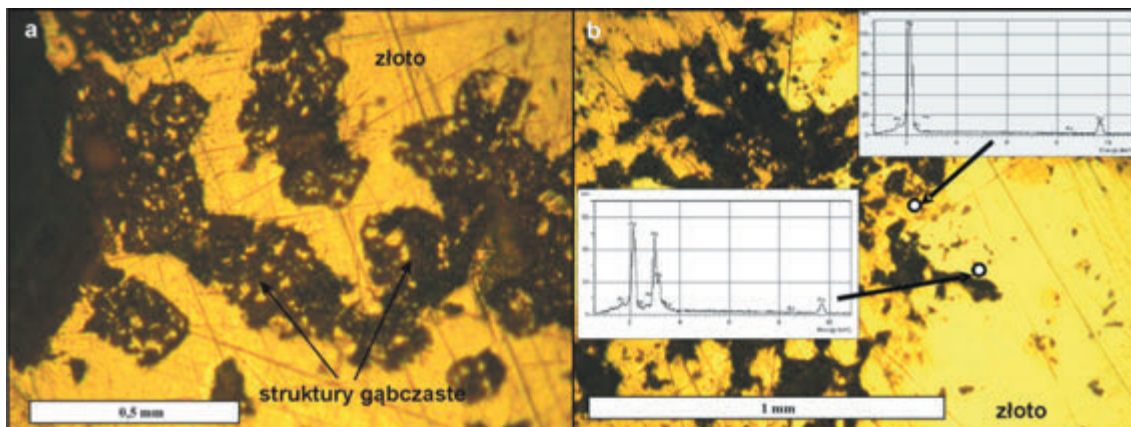
Rys. 8. Formy występowania złota z okolic Złotoryji. Zdjęcia spod binokularu

Fig. 8. Forms of gold occurrence in the vicinity of Złotoryja, under binocular



Rys. 9. Analizy punktowe złocinki z okolic Złotoryji. Zdjęcie fazowe, mikroskop SEM

Fig. 9. Spot gold grain analysis from vicinity of Złotoryja. Image phase, microscope SEM



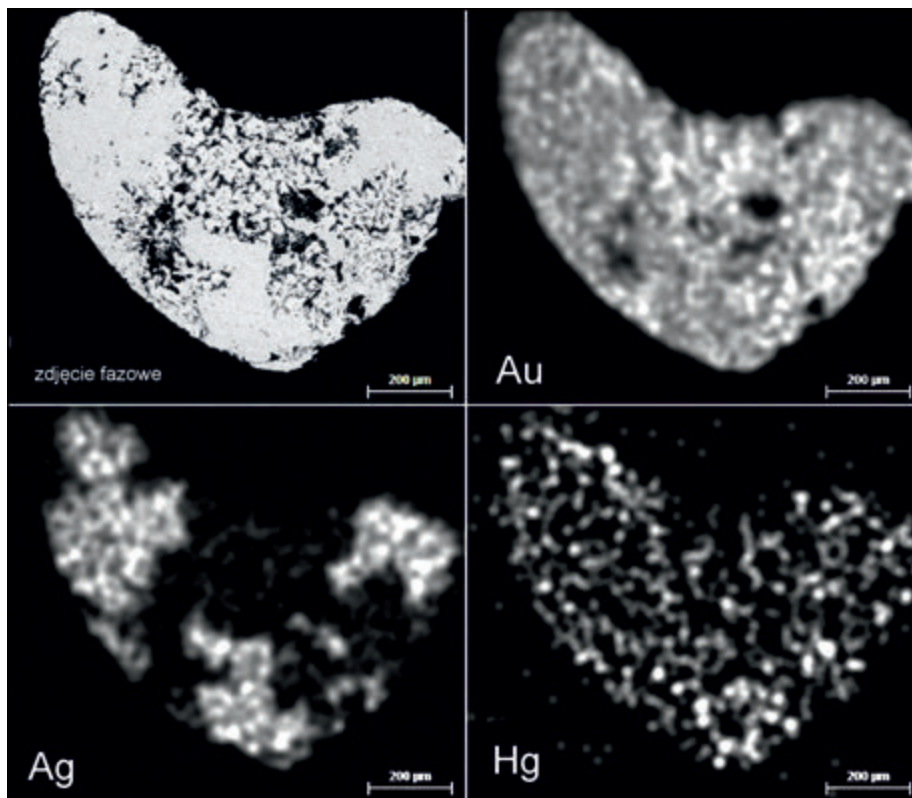
Rys. 10. Złoto antropogeniczne z charakterystycznymi strukturami gąbczastymi po amalgamacji (światło odbite, bez analizatora)

Fig. 10. Anthropogenic gold with characteristic spongy structures after amalgamation. Reflected light, without analyser

(rys. 6), typowych dla stopów stali, świadczy o ich antropogenicznej genezie [7].

Złoto rodzime w koncentracji występuje w postaci tabliczek, ziaren obtoczonych oraz ostrokrawędzistych, a także w postaci pręcików i płatków (rys. 7, 8). Wielkość złota waha się od frakcji pyłowej do dużych obtoczonych samorodków o średnicy do 1 cm (rys. 8 d). Cechą niektórych ziaren złota jest obecność charakterystycznych powłok srebronośnych (rys. 8 f) widocznych pod binokulem lub lupą powiększającą. Złoto rodzime cechuje się zmienną zawartością Ag. Analizy w mikroobszarze poszczególnych złocinek nie wykazują pasowego charakteru obecności srebra, charakterystycznego dla złota aluwialnego [8, 9], natomiast wskazują na wyraźnie nieuporządkowany rozkład Ag, co sugeruje ich pierwotną naturę. Podkoncentrowanie srebra w złocie rodzimym obecne jest zarówno w brzeżnej części złocinek, jak i w centralnych partiach ziaren (rys. 9). Zawartość srebra waha się od 0,21 do 19,51 % wag.

W koncentracji grawitacyjnym złota rodzimego stwierdzono również występowanie nietypowych ziaren oraz łuseczek złota. Makroskopowo złocinki te nie różnią się od wyżej opisanych. Ich rozmiary są podobne, osiągają od mikrometrów do kilku milimetrów średnicy. Charakteryzują się, podobnie jak złoto rodzime, dobrym obtoczeniem. Jedyne cechy odróżniające je od złota naturalnego, są widoczne dopiero w preparatach polerowanych w obrazie mikroskopowym w świetle odbitym oraz w mikroskopie skaningowym. Złoto to charakteryzuje się obecnością struktur gąbczastych oraz jest silnie porowate. Bardzo trudno poleruje się, dlatego też na jego powierzchni powstają liczne rysy. Pory wypełnione są drobnoziarnistą mieszanką ziarnistego złota oraz krzemionki (rys. 10), która wykrusza się podczas polerowania preparatów. Tego typu struktura gąbczasta jest charakterystyczna dla ziaren złota powstałych na skutek amalgamacji. Proces pozyskiwania złota metodą ręciovania na dnie strumieni oraz w tyglach jest znany od stuleci [1]. Rtęć rozpuszcza metale szlachetne, a po jej odparowaniu powstaje bryłka złota o bardzo porowatej strukturze, która z czasem przemienia się w strukturę gąbczastą i zbitą. Złoto gąbczaste, podobnie jak złoto rodzime zawiera srebro, którego zawartość waha się od 0,22 do 8,9 % wag. Oprócz srebra, analizy wykazały obecność Ni do 0,17% wag., Fe do 0,34 % wag. oraz zawartość Hg do 1,85 % wag. Rtęć obecna jest w całej objętości złocinek, w przeciwieństwie do Ag, które nie występuje w obszarach gdzie widoczne są zachowane struktury gąbczaste (rys. 11). Obecność typowych struktur gąbczastych oraz śladowe ilości Hg wraz z Ni i Fe wyraźnie wskazują na charakter antropogeniczny opisywanego złota.



Rys. 11. Rozkład Au-Ag-Hg w złocince antropogenicznej o strukturze gąbczastej (zdjęcia- mikroskop SEM)
 Fig. 11. Distribution of Au-Ag-Hg in anthropogenic gold grain, microscope SEM

Podsumowanie i wnioski

W analizowanym materiale badawczym, uzyskanym poprzez skoncentrowanie składnika użytecznego za pomocą mobilnego koncentratora grawitacyjnego (MKG) oraz innych metod wzbogacania (magnetyczne, grawitacyjne), stwierdzono występowanie typomorficznych minerałów dla rozsypisk aluwialnych (cyrkon, magnetyt, ilmenit, schelit, wolframit, itp) oraz typomorficznych kruszców dla złóż hydrotermalnych typu kata- i mezothermalnego (piryt, markasyt, arsenopiryt, sfaleryt, galena, chalkopiryt, itp). Koncentrator MKG okazał się bardzo wydajnym sprzętem do prowadzenia poszukiwań minerałów ciężkich, szczególnie złota. W materiale badawczym oprócz naturalnych składników skał i rud (magnetyt, sfaleryt, galena, chalkopiryt, itp.) obecne są składniki antropogeniczne. Typowym składnikiem antropogenicznym są sferule o bardzo złożonym składzie pierwiastkowym Fe-Ti-V-Si oraz złoto w postaci złocinek o strukturze gąbczastej, makroskopowo nie do odróżnienia od złocinek naturalnych.

Złoto antropogeniczne stwierdzone w rejonie Złotoryi najprawdopodobniej związane jest z występowaniem sferul typu Fe-Ti-Si. Wszędzie, na obszarze badań, gdzie podczas płukania koncentratu pochodzącego z MKG na misce stwierdzono obecność złota gąbczastego, występowały również sferule magnetyczne o srebrzystym połysku. Na obecnym etapie badań związek ten ma bardziej naturę przestrzenną niż genetyczną. Aby powstały tak duże sferule i o takim nietypowym składzie, obiekt hutniczy nie mógł być zwykłą dymarką, lecz hutą mocno sprofilowaną do uzyskiwania nietypowych stopów Ti-V lub Fe-Si. Jednocześnie obiekt ten musiał znajdować się blisko miejsc

pobrania próbek do badań. Możliwe, że złoto antropogeniczne znalezione w osadach czwartorzędowych otrzymywano przy okazji wytapiania innych metali. Złoto za pomocą amalgamacji w okolicy Złotoryi otrzymano po raz pierwszy w latach 1775-1777 [1]. W trakcie pozyskiwania złota okazało się, że koszty produkcji i zużycia rtęci przerastały wartość uzyskanego złota, co doprowadziło do zaprzestania stosowania tej metody. Obecność złocinek po amalgamacji stwierdzonych w osadach strumieni okolic Złotoryi, może wskazywać na bardzo częste wykorzystywanie rtęci w okolicy Złotoryi do pozyskiwania złota. Trudno jednakże określić, z którego przedziału czasu może pochodzić to antropogeniczne złoto. Ilość złocinek naturalnych oraz antropogenicznych, a także ich charakter (pozyskanych za pomocą MKG w czasie rekonesansu geologicznego) może wskazywać na nie do końca dobrze oszacowane zasoby złota w tym rejonie. Haczykowate formy złota oraz słabo obtoczone ziarna pozyskane w koncentratkach, wyraźnie wskazują na krótki transport złocinek, nawet poniżej 1000 m od miejsca ich pozyskania [10]. Obecność tak zróżnicowanego materiału złotonośnego i kruszcowego pozwala na zacytowanie zdań napisanych w 1968 roku przez Grodzickiego [4], że „w przyszłości pożądane są dalsze szczegółowe badania tych utworów za pomocą wierceń i nowoczesnego sprzętu. Można także przypuszczać, że nie wszystkie okruczowe złoża złotonośne wyeksploatowano w ubiegłych wiekach i istnieją partie złóż dotychczas niezbadane”. Niniejsze wyniki badań pokazują trafność diagnozy sprzed pół wieku, a zastosowanie nowych technik pobierania próbek z aluwiołów wyraźnie zbliżyło autorów do odkrycia nowych miejsc pozyskiwania złota w okolicy Złotoryi.

Literatura

- [1] Dziekoński T., 1972 - Wydobywanie i metalurgia kruszców na Dolnym Śląsku od XIII do połowy XX wieku. Ossolineum. Wrocław
- [2] Quiring H., 1914 - Beiträge zur Kenntnis der niederschlesiens Goldvorkommen. Z Prakt. Geol. Bd 22
- [3] Domaszewska T., 1964 - Występowanie i eksploatacja złota na Dolnym Śląsku. Przegl. Geol., nr 4, 180–185
- [4] Grodzicki A., 1960, Piaski złotonośne okolic Złotoryi. Arch. Miner. t. XXIV, z 2. s. 239-289
- [5] Grodzicki A., 1972, Petrografia i mineralogia piasków złotonośnych Dolnego Śląska. Geologia Sudetica, vol. IV, 233-291
- [6] Grodzicki A., 2011, Placer gold in Sudetes Mountains in their foreland. In: Gold in Poland. Warszawa. s.191-209
- [7] Muszer A., 2007 - Charakterystyka sferul i minerałów akcesorycznych z wybranych utworów fanerozoicznych i antropogenicznych. Wyd. Fundacja Ostoja. Wrocław. s. 1-355.
- [8] Polański A., 1988, Geochemia i surowce mineralne. Wyd. Geologiczne, Warszawa, 349-354
- [9] Łuszczkiewicz A., Muszer A. (1999): Złoto ze złoża kruszyw naturalnych Rakowice koło Lwówka Śląskiego. Physico-chemical Problems of Mineral Processing. 33, 99-106
- [10] Grant A.H., Lavin O.P, Nichol I., 1991., The morphology and chemistry of transported gold grains as an exploration tool. Journal of Geoch. Exploration. V. 40, I. 1–3,5, s. 73-94



fot. A. Borowicz

Górno, Zakład przeróbczy w Kopalni Józefka