

Rys. 2. Schemat typowego układu technologicznego kopalni i zakładu przerobczego kruszywa naturalnego [10].
Fig. 2. Typical flow-sheet of sand and gravel operations [10].

Układ wydobywczo-przerobczy największej z kopalń w rejonie Lwówka Śl. tj. Rakowic obejmuje typowe, powszechnie stosowane w świecie, ciągi technologiczne o wielkiej wydajności (rys. 2). Materiał wydobywany metodą podwodną kierowany jest do zakładu przerobczego, gdzie poddawany jest klasyfikacji ziarnowej, z której otrzymuje się handlowe sortymenty żwirów i piasków płukanych oraz drobnopiękny odpad kierowany do osadnika mułowy (stawu osadowego).

Obecność złota rodzimego oraz innych minerałów zawierających metale w dolinie Bobru w okolicach Lwówka Śląskiego opisuje wielu autorów [4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 17]. Najwięcej miejsca w artykułach poświęcono charakterystyce złota oraz jego zasobom. Według Grodzickiego [4] omawiany rejon odgrywał dominującą rolę w historii wydobycia złota na Dolnym Śląsku. Stwierdza on także, że piaski i żwiry złotonosne są prawdopodobnie związane genetycznie z blokiem karkonosko-izerskim [5] oraz podaje za Schumacherem [12], że w obszarze na północ od Lwówka Śląskiego, zawartość złota w żwirach waha się w granicach 0,1-0,2 g/Mg (1g/Mg=1ppm), osiągając maksymalne wartości dochodzące do 15 g/Mg. Według Wojciechowskiego [16] przeciętne zawartości złota w osadach żwirowo-piaszczystych z obszaru lwóweckiego oscylują od 20 do 60 mg/m³ materiału, co w przeliczeniu na masę mieszanki daje od 0,01 do 0,04 g/Mg. Zawartość złota w żwirowni Rakowice autor ten oszacował od 226 do 376 kg. Według Łuszczkiewicza i Muszera [10] tylko w odpadach drobnopięknych kopalni Rakowice zawartość złota wynosi 24 g/Mg.

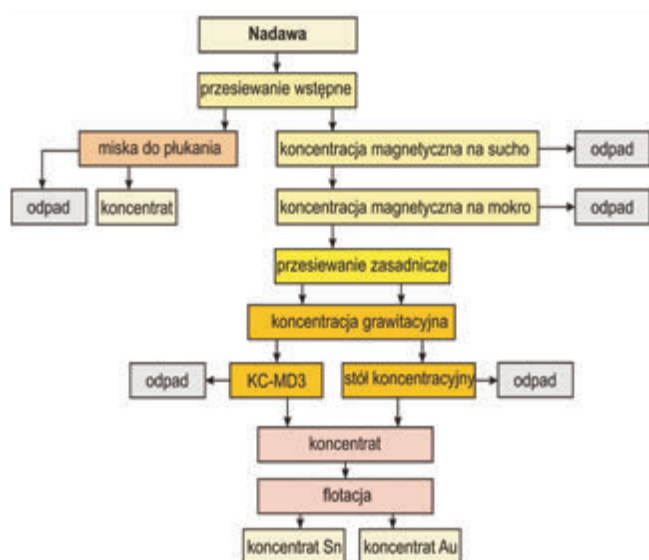
Kopalnia kruszywa naturalnego w rejonie Rakowic Wielkich i Małych na N od Lwówka Śląskiego prowadzi wydobycie od ponad 40 lat. Zasoby złoża kruszywa Rakowice-Zbiornik udokumentowane na koniec 2009 roku wynoszą 60134 tys. Mg a przemysłowe na 55394 tys. Mg [1]. Wydobycie roczne obecnie waha się od 502 tys. Mg (rok 2009) do 1101 tys. ton (rok 1995). Od roku 1993 zasoby geologiczne zmniejszyły się o 5876 tys. Mg. Proces wydobycia materiału żwirowego

spod wody oparty jest o prosty schemat: jednostka pływająca, transport barką materiału skalnego do zakładu przesiewania na mokro, klasyfikator ziarnowy żwiru i piasku, odpad drobnopiękny kierowany do stawu osadowego lub do innej części wyeksploatowanego złoża. Według Łuszczkiewicza [9] proces klasyfikacji i odmulania żwirów i piasków prowadzi do prostego wzbogacenia materiału odpadowego w minerały ciężkie a ich ilość według tegoż autora wahała się od 2,6 do 5,4 % we frakcji poniżej 0,5 mm.

Szacunki zasobów złota w lwóweckim rejonie występowania kruszyw naturalnych są skrajnie różne [4, 12, 16]. Rozbieżności obecne w literaturze były główną przyczyną podjęcia badań wzbogacania materiału żwirowego w rejonie Rakowic Małych i Wielkich w ramach grantu europejskiego 1.3.1 pt. „Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych”. Są one kolejną próbą, oszacowania na nowo potencjału złożowego złota na N od Lwówka Śląskiego.

Materiały, metodyka i aparatura

Materiał do badań pobrano metodą punktową z różnych miejsc Kopalni Rakowice Wielkie, z okolic Rakowic Małych oraz z teras czwartorzędowych, położonych wzdłuż rzeki Bóbr pomiędzy tymi miejscowościami. Łączna ilość zebranego materiału skalnego do badań wynosiła 100 kg. Materiał ten 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 i sucho w polu magnetycznym o natężeniu 6000 Gs i 9000 Gs otrzymując koncentraty magnetytowe, magnetytowo-hematytowe oraz hematytowo-ilmenitowe (rys. 3). Następnie materiał podlegał przesianiu zasadniczemu na sitach o oczkach 0,350 i 0,250 mm. W zależności od granulacji materiał badawczy koncentrowano



Rys. 3. Schemat koncentracji złota z osadów czwartorzędowych okolic Lwówka Śląskiego.

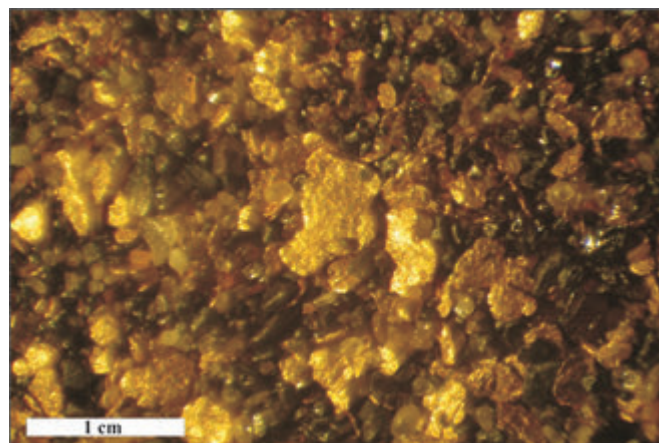
Fig. 3. The schema of the concentration of gold from the Quaternary sediments of Lwówek Śląski regions.

za pomocą stołu koncentracyjnego typu Wilfley lub koncentratora Knelsona KC-MD-3, wielokrotnie zawracając powstały odpad ponownie do koncentracji. Tak otrzymane koncentraty oczyszczono za pomocą maszynki flotacyjnej IMN Gliwice do uzysku 98 % Au. Wszystkie badania wzbogacania minerałów rudnych wykonano w Pracowni Analiz Surowców Mineralnych ING Uniwersytetu Wrocławskiego.

Ze wszystkich próbek wydzielonych koncentratów oraz odpadów 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 polerujących. Etap końcowy polerowania wykonano na podkładach OP-Chem, z zastosowaniem zawiesiny OP-U Suspension, przeznaczonej do finalnego polerowania metali oraz minerałów rudnych. Próbkę 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 kruszcowych oraz skałotwórczych wykonano na mikroskopie skaningowym JOEL JSM-55800LV W Instytucie Materiałoznawstwa na Politechnice Wrocławskiej.

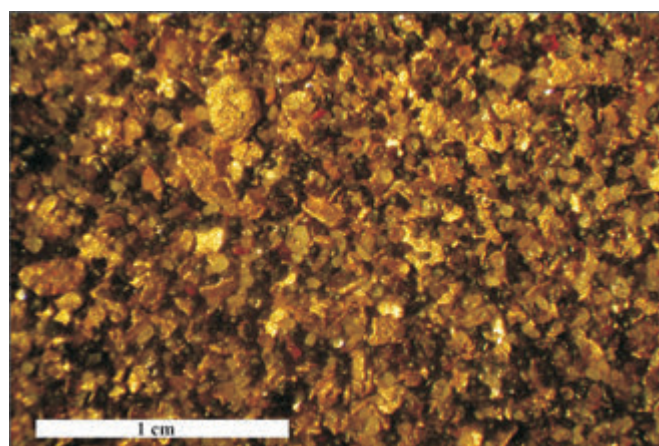
Omówienie wyników badań mineralogicznych

W badanych koncentraty stwierdzono występowanie ziarn minerałów rudnych mających różne znaczenie naukowe i złożowe. Głównymi składnikami koncentratu minerałów ciężkich są magnetyt, hematyt oraz ilmenit. Pozostałe minerały ciężkie występują pobocznie lub akcesorycznie. W badanych koncentraty obecne są: minerały tlenkowe uwolnione (magnetyt, hematyt, ilmenit, rutil, anataz, kasyteryt, goethyt, kolumbit (FeNb_2O_6), psylomelan, piroluzyt), minerały siarczkowe, telurki, selenki uwolnione, lub we wzajemnych zrostach (piryt, chalkopiryt, bornit, framboidy pirytowe, kowelin, digenit, rickardyt (Cu_7Te_3), umangit (Cu_3Se_2), kupryt), minerały rodzime i ich stopy (złoto rodz. (rys. 4, 5), złoto Ag, elektrum, srebro rodz., miedź rodz.) oraz monacyt, wolframit,



Rys. 4. Koncentrat złota rodzimego otrzymany na misce do płukania złota z rejonu Lwówka Śląskiego, zdjęcie spod binokularu

Fig. 4. Native gold concentrate obtained by panning from the Lwówek Śląski region, photo from the binocular



Rys. 5. Półprodukt do koncentracji złota rodzimego metodą flotacji z rejonu Lwówka Śląskiego, zdjęcie spod binokularu

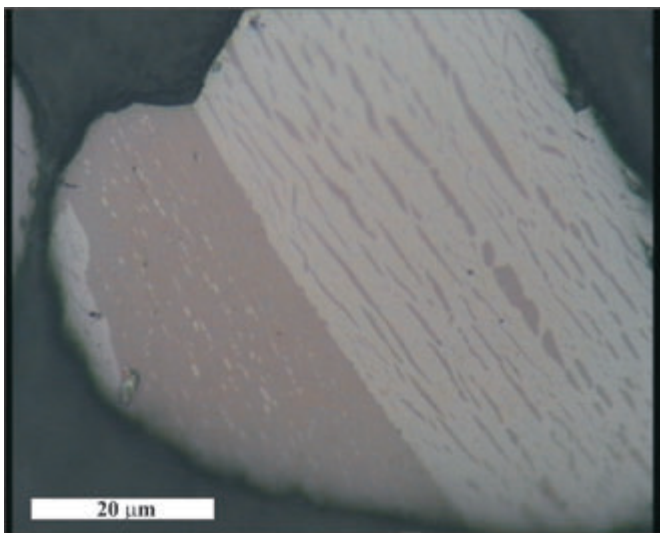
Fig. 5. The semi-finished product of the native gold obtained by flotation from the Lwówek Śląski region, photo from the binocular

cyrkon, scheelit. Koncentrat minerałów ciężkich wydzielony za pomocą różnych metod wzbogacania zawierał 4,13 g złota. Badania mikroskopowe koncentratu flotacyjnego wykazały, że ponad 98% jego składu objętościowego stanowiły ziarna i blaszki minerałów złota (złoto rodzime, elektrum).

Wszystkie ziarna minerałów ciężkich, oprócz kryształów cyrkonów obecnych w koncentracie, wykazują ślady obtoczenia. Tlenki żelaza i tytanu (magnetyt, tytanomagnetyt, ilmenit) występują w formie kryształów lub hipautomorficznych ziarn często wykazujących struktury powstałe z rozpadu roztworów stałych. Hematyt jest rzadko obserwowany w postaci osobnych hipauto- i ksenomorficznych ziarn. Najczęściej tworzy struktury siatkowe z magnetytem lub emulsyjno-soczewkowe struktury z rozpadu roztworu stałego z ilmenitem (rys. 6). Pozostałe minerały ciężkie najczęściej obecne są w formie uwolnionych kryształów o zaokrąglonych krawędziach. Wyjątek stanowi pirit występujący w formie reliktywów w goethycie lub tworzący struktury framboidalne o średnicach do kilkudziesięciu mikrometrów. Wielkość pseudomorfoz goethytu po sześciu pirytowych nie przekracza 0,5 mm średnicy.

Bornit został stwierdzony w postaci ziarn o wielkości do 40 μm średnicy we fragmencie skały marglistej. Pozostałe siarczki Cu, tj. chalkopiryt, digenit i kowelin obserwuje się w zrostach z miedzią rodzimą lub kalcjtem. W podobny sposób występują ziarna srebra rodzimego. Ich wielkość w zrostach z

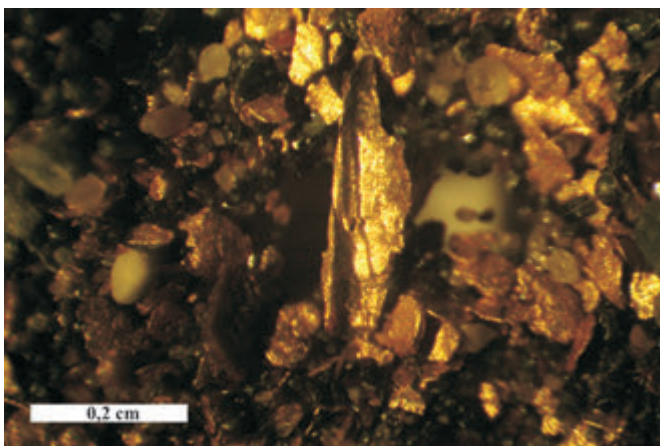
agregatami kalcytowymi dochodzi do kilkunastu mikrometrów średnicy, jednakże uwolnione ziarna mają wielkość do 0,5 mm średnicy. Agregaty miedzi rodzimej o wielkości do kilkudziesięciu μm średnicy wykazują ślady utlenienia w postaci otoczek kuprytowych. Rzadkie minerały, tj. rickardyt (Cu_7Te_3) i umangit (Cu_3Se_2) występują w zrostach w agregatach o średnicy do kilkudziesięciu μm . Kruszcze obecne są nie tylko w postaci uwolnionej. Często pirotyt, chalkopiryt i sfaleryt tworzą drobne, do kilkunastu μm średnicy, wrostki w monacycie, kasyteryście, kwarcu oraz cyrkonie. Ponadto sfaleryt spotykany jest w formie struktur z rozpadu roztworu stałego w chalkopirycie.



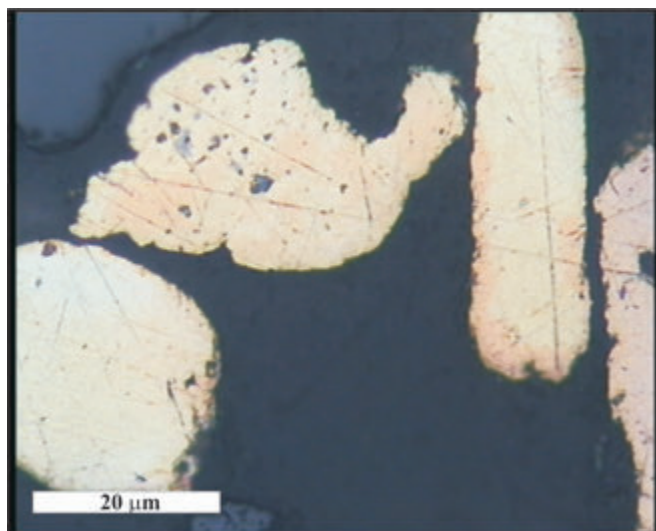
Rys. 6. Struktury z rozpadu roztworu stałego ilmenit-hematyt w ziarnie z Rakowice Wlk., światło odbite bez analizatora
Fig. 6. Exsolution structures of ilmenite-hematite in grain from Rakowice Wlk., reflected light, without analyzer

Minerały złota, tj. złoto rodzime, złoto srebrne i elektrum, charakteryzują się podobnymi rozmiarami. Kruszcze Au-Ag najczęściej tworzą blaszki o rozmiarach nie przekraczających 6 mm długości i szerokości oraz grubości maksymalnie do 1,5 mm. Większość z nich ma zaokrąglone brzegi oraz liczne zatoki i drobne szczelinki. Większe ziarna złota zrosnięte są z ziarnami kwarcu. Ponadto spotykane są także ostrokrawędziste ziarna złota, wskazujące na niedawne uwolnienie i brak długiego transportu w środowisku wodnym (rys. 7).

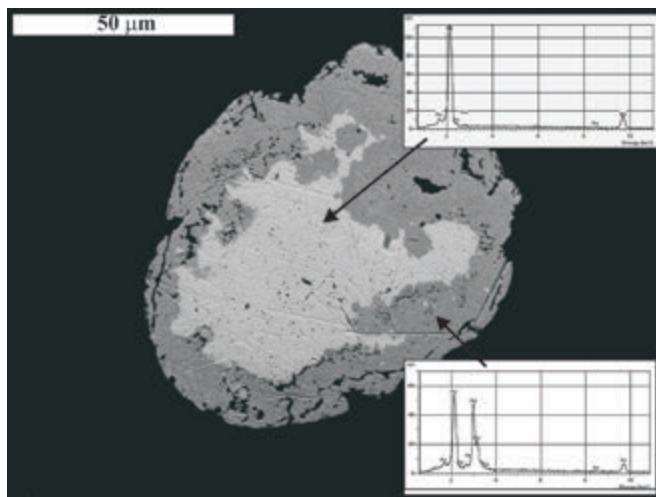
W koncentracji złota stwierdzono obecność czterech rodzajów ziarn i blaszek złota rodzimego, różniących się zdolnością



Rys. 7. Złocinka o ostrych krawędziach z rejonu Lwówek Śląski, zdjęcie spod binokularu
Fig. 7. Fine native gold with sharp borders from the Lwówek Śląski region, photo from the binocular



Rys. 8. Fazy metastabilne w obrębie złocinek (widoczne różne barwy świadczące o różnej zawartości Ag), światło odbite bez analizatora
Fig. 8. Metastable phases in fine native golds (visible different colours caused by the different content of Ag), reflected light, without analyzer



Rys. 9. Widma charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego faz Au-Ag w złocince z okolic Lwówek Śląski, zdjęcie fazowe, mikroskop skaningowy
Fig. 9. Spectrum of typical X-ray radiation of phases Au-Ag in fine native gold from Lwówek Śląski, the phase image, scanning microscope

refleksyjną, barwą w świetle odbitym oraz zawartością Ag (tab. 1). Złoto z Ag tworzy liczne fazy metastabilne w obrębie jednego ziarna a skład złocinek zmienia się na przestrzeni mikrometrów (rys. 8, 9).

Natomiast elektrum spotykane jest zarówno w formie

Tab. 1. Rozkład zawartości Ag i Au w różnych formach złocinek z okolic Rakowice

Tab 1. Distribution of Ag and Au content in various forms of fine gold from the Rakowice region

Barwa złota rodz. i elektrum w świetle odbitym	Zawartość Au-Ag
Złoto intensywnie żółte	do 0,51 % wag. Ag
Złoto żółte z odcieniem różowym, różowe	do 64,23-82,12 % wag. Au
Złoto biał-żółte	do 30,21 % wag Ag
Elektrum („złoto białe”)	od 39,13 do 61,12 % wag. Au

Tab. 2. Średnie wydobywanie w okresie 40-let z złoża Rakowice-Zbiornik
 Tab 2. The average production of 40-year period from the Rakowice-Zbiornik deposit

Okres eksploatacji	Średnie wydobywanie w Mg/rok
przed 1980	ok. 3000-2500 tys.
lata 1980-1990	ok. 2000 tys.
lata 1990-2000	900-1100 tys.
lata 2000-2010	ok. 500 tys.

oddzielnych blaszek, jak również w postaci powłok i faz przejściowych na złocie rodzimym. W niektórych ziarnach obserwuje się palczaste ząbienie się elektrom ze złotem rodzimym. Zawartość Au w ziarnach i blaszkach elektrom waha się od 39,21 do 61,12 % wagowych.

Podsumowanie i wnioski

Według Grodzickiego [5] piaski i żwiru złotonośne okolic Lwówka są genetycznie związane z blokiem karkonosko-izer-skim, a ich obecność w żwirach plejstoceńskich i w holoceni-skich osadach aluwialnych jest wynikiem rozmycia starszych, trzeciorzędowych (neogeńskich) osadów złotonośnych. Analiza złota aluwialnego przeprowadzona przez Polańskiego [11] wykazała, że takie złocinki zawierają mniej srebra niż ziarna złota z pierwotnych złóż macierzystych. W przypadku badanych ziarn i blaszek złota mamy sytuację odwrotną. Większość badanych złocinek zawiera w sobie znaczne ilości srebra. Ogólnie uważa się, że im dłuższa była droga transportu, uwolnionych w trakcie wietrzenia skał macierzystych ziarn złota, tym mniej srebra jest w nim zawarte. Obecność w badanym materiale ziarn zarówno elektrom, jak i ziarn złota silnie wzbogaconych w srebro, świadczyć może o niezbyt długiej drodze ich transportu. Obecność framboidów pirytowych oraz chalkopiryty i bornitu wzmacnia wyraźnie powyższą hipotezę, a stwierdzenie dużych kanciastych ziarn złota może wskazywać na „ciągłą dostawę” złocinek do osadów Bobru.

W analizowanej próbce z okolic pomiędzy Rakowicami Małymi a Wielkimi zawartość frakcji odpadowej (poniżej 1 mm), która zawiera minerały ciężkie zbliżona jest do wartości podanej przez Łuszczkiewicza [9] i wynosi 5,82 %. Możemy założyć, że główna masa minerałów ciężkich, takich jak magnetyt, ilmenit, hematyt, kasyteryt, złoto rodz. srebro rodz. w wyniku stosowanego od 40 lat procesu technologicznego odmulan-ia żwirów na kubelkach, mających szczeliny o rozmiarach 1 mm została zmagazynowana w różnego typu stawach i zbiornikach odpadowych w okolicy Rakowic.

Przeprowadzone badania mineralogiczne wskazują, że doniesienia o klarkowej zawartości złota w drobnej frakcji z płukania żwirów rejonie Rakowic ($7,7 \text{ mg/m}^3 = 0,005 \text{ ppm}$ [15, 16]) są nierealistyczne. Nie ulega wątpliwości, że materiał do

przeprowadzonych badań, wykazujący 41,3 g/Mg złota może być niereprezentatywny, gdyż pobierano go punktowo, a nie w siatce opróbowania oraz z miejsc, które autorowi wydawały się najbardziej perspektywiczne pod względem zawartości złota. Jednakże wyliczona zawartość jest bardziej zbliżona do wartości 15 g/Mg, podanej podanej przez Schumachera [12], niż do 0,01- 0,04 g/Mg podanej przez Wojciechowskiego [16].

Według badań Łuszczkiewicza [9] wychód odpadu w produkcji piasku i żwiru na przestrzeni kilkunastu lat jest w miarę stały i wynosi 6,23 %. Zawartość frakcji najbardziej perspektywicznej dla minerałów ciężkich, tj. poniżej 0,5 mm w tego typu odpadach wynosi 58,11%, a zawartość minerałów ciężkich we frakcji wynosi 2,58 % lub 4,02 (średnia z lat 1984-1992). Badania przeprowadzone w latach ubiegłych wykazały, że zawartość złota we frakcji minerałów ciężkich w klasie poniżej 0,5 mm wynosi 24 g/Mg [10]. Przy takich założeniach można pokusić się o wyliczenia roczne oraz 40-letnie depozycji złota w odpadach we frakcji poniżej 0,5 mm w okolicy Rakowic (tab. 2, 3).

Z wyliczeń przedstawionych w tabeli 3 wynika, że uwzględniając tylko frakcję stosunkowo drobną (poniżej 0,5 mm) w zbiornikach odpadowych rejonu Rakowic zalega ok. 1,24 Mg złota. Przeprowadzone badania wykazały, że złoto nie tylko występuje w drobnej frakcji, ale również tworzy złocinki i ziarna wielokrotnie przewyższające 1 mm. Złocinki, które nie przeszły przez szczelinę kubelka klasyfikacyjnego prawdopodobnie bezpowrotnie zostały stracone w betonach różnego typu. Oznacza to, że nie ma jednoznacznej odpowiedzi dotyczącej ilości zasobów złota w rejonie Rakowic. Przy szacunkowych zasobach geologicznych w kategoriach A, B i C wynoszących 60134 tys. Mg (bilans na koniec 2009 r.) można powiedzieć, że w trakcie kolejnych lat eksploatacji złoża kruszywa naturalnego do odpadów obecnie istniejących, dostarczona zostanie kolejna ilość złota w ilości ok. 1,4 Mg. Przy takiej formie eksploatacji żwirów, większe ziarna złota najprawdopodobniej nie zostaną zbilansowane. Jeśli przyjmiemy za Schumacherem [12] średnią zawartość złota w żwirach okolic Lwówka Śląskiego na 0,1 lub 0,2 g/Mg, to w przypadku złoża Rakowice pozwoli na oszacowanie wstępne jego zawartości w obecnie eksploatowanym złożu na ok 6 do 12 Mg tego metalu. Przedstawione wyliczenia dotyczą jedynie złoża Rakowice-Zbiornik. Można przypuszczać, że tego typu miejsc koncentracji złota w terasach w dolinie Bobru jest więcej i czekają na zbadanie.

W wyniku przeprowadzonych badań koncentracji kruszców i mikroskopowych można stwierdzić, że złoto typu rozsypiskowego rejonu lwóweckiego związane jest z pierwotnymi utworami hydrotermalnymi paragenezы kwarcowej oraz ze skałami permskimi pogranicza czerwony spągowiec - cechszty-n. Charakter powierzchni ziarn złota oraz obecność siarczków metali, bardzo łatwo ulegających wietrzeniu fizycznemu i che-

Tab. 3. Symulacja zasobów złota w zbiornikach odpadowych z okolic Rakowic Wlk.
 Tab 3. Simulation of reserves gold in the tailing pond in the vicinity of Rakowice Wlk.

Eksploatacja w tys. Mg	Ilość odpadu w Mg	Ilość klasy -0,5 w %	Ilość klasy -0,5 w Mg	Zawartość minerałów ciężkich w Mg	Au w kg/rok	Okres w latach	Au w kg suma
2000	124600	58,11	72405,06	1868,05	44,83	20	896,66
1000	62300	58,11	36202,53	934,03	22,42	10	224,17
500	31150	58,11	18101,27	467,01	11,21	10	112,08
Suma							1232,91

micznemu, dowodzić może niezbyt długiej drogi ich transportu. Zróżnicowanie złocinek nie ma związku z różnymi obszarami alimentacyjnymi. Obserwowana w analizowanym materiale różnorodność złocinek jest pozorna, gdyż główną masę stanowią fazy Au-Ag i ich metastabilne odpowiedniki. Złoto pochodzi ze skał znajdujących się obecnie i w przeszłości na S od Lwówka a obecność siarczków metali i „kanciastego” złota świadczy o współczesnej erozji pierwotnych skał zawierających Au.

Oprócz złota stowarzyszonego ze srebrem w minerałach złoto-srebrowych, w zbiornikach odpadowych znajdują się znaczne ilości magnetytu, ilmenitu, kasyterytu i innych minerałów zawierających Fe, Mn, Sn, Ti. Minerale te, podobnie jak złoto ze srebrem, zalegają w starych wyrobiskach lub stawach odpadowych. Ich roczna depozycja została oszacowana przez Łuszczkiewicza [9] na około 330 Mg ilmenitu, 250 Mg magnetytu i hematytu, 50 Mg cyrkonu i po około 13 Mg rutyłu i monacytu. Eksperymenty związane z koncentracją minerałów

rudnych (minerałów ciężkich) z rejonu Lwówka Śl. wykazały, że istnieją technologiczne warunki do potencjalnego odzysku nie tylko złota rodz. i elektrum, ale także pozostałych minerałów zawierających metale. Obecnie stosowany proces wydobywania żwirów i piasków powinien być zmodyfikowany o standardowe układy wzbogacania grawitacyjnego, a przy tak drożących metalach na giełdach światowych, szczególnie złota, przeprowadzony rachunek ekonomiczny potencjalnej inwestycji może okazać się bardzo korzystny.

Praca powstała w ramach projektu pt. „Strategie i Scenariusze Technologiczne Zagospodarowania i Wykorzystania Złóż Surowców Skalnych” (Nr POIG.01.03.01-00-001/09), realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, lata 2007-2013, Priorytet 1, Działanie 1.3, Poddziałanie 1.3.1 Projekty rozwojowe.

Literatura

- [1] Bilans 2010, Bilans perspektywicznych zasobów kopalni Polski wg stanu na 31 XII 2009 r. Ministerstwo Środowiska. Pr. zbior. pod red. S. Wołkowicza. Warszawa
- [2] Buksiński S., Cegła J., 1979, Kruszywa naturalne. W: Surowce mineralne Dolnego Śląska. Pr. zbior. pod red. K. Dziedzica i in. Wrocław
- [3] Grocholski A., Milewicz J., 1958, Morfologia i rozwój doliny Bobru między Lwówkiem Śląskim a Bolesławcem. Instytut Geologiczny, Biuletyn nr 129, Z badań geologicznych na Dolnym Śląsku. t. IV, 111-147
- [4] Grodzicki A., 1972, Petrografia i mineralogia piasków złotonośnych Dolnego Śląska. Geologia Sudetica, vol. IV, 233-291
- [5] Grodzicki A., 1979, Złoto. W: Surowce mineralne Dolnego Śląska. Praca zbiorowa pod red. K. Dziedzica, S. Kozłowskiego, A. Majerowicza. i L. Sawickiego, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, PAN, Wrocław, 165-173
- [6] Grodzicki A., 1990, Geneza i kierunki poszukiwań niektórych perspektywicznych wystąpień minerałów ciężkich na Dolnym Śląsku. Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, nr 23, s. 19-26
- [7] Łuszczkiewicz A., 1988, Odpady z płukania żwirów jako znaczące źródło minerałów ciężkich. Mat. Symp. Optymalizacja Wykorzystania Surowców Mineralnych w Procesach Przeróbki i Przetwórstwa. Centrum Podst. Probl. Gosp. Sur. Mineral. i Energię, PAN, Kraków, 154-165
- [8] Łuszczkiewicz A., 1990, Minerale ciężkie w żwirach i piaskach eksploatowanych na Dolnym Śląsku. Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, 23, 27-39
- [9] Łuszczkiewicz A., 1999, Minerale ciężkie ze złoża kruszyw naturalnych w Rakowicach koło Lwówka Śląskiego. Prace Nauk. Instyt. Górni. Politechniki Wrocławskiej. Nr 87, 27-38
- [10] Łuszczkiewicz A., Muszer A., 1999, Złoto ze złoża kruszyw naturalnych Rakowice koło Lwówka Śląskiego. Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, 33, 115-122
- [11] Polański A., 1988, Geochemia i surowce mineralne. Wyd. Geologiczne, Warszawa, 349-354.
- [12] Schumacher F., 1924, Die Goldvorkommen der Gegent von Löwenberg in Niederschlesien. Zeitschrift für prakt. Geologie, No. 32, 6-11. Cytat z pracy: Grodzicki A., 1972
- [13] Siliwończuk Z., 1974, Atlas litologiczno-surowcowy Polski. I: Surowce okrucowe, 3. Kruszywa naturalne. Warszawa.
- [14] Siliwończuk Z. 1979, Kruszywo naturalne. W: Metodyka badań surowców skalnych Pr. zbior. pod red. S. Kozłowskiego. Warszawa
- [15] Wojciechowski A., 1993a, Okrucowe złoża złota w dorzeczu środkowego Bobru. Posiedzenia Naukowe Państwowego Instytutu Geologicznego, Nr 49 (1), Wyd. Państw. Inst. Geolog., Warszawa, 13-14
- [16] Wojciechowski A., 1993b, Uboczne pozyskiwanie złota okrucowego ze złoża kruszywa naturalnego Rakowice. Posiedzenia Naukowe Państwowego Instytutu Geologicznego, Nr 49 (1), Wyd. Państw. Inst. Geolog., Warszawa, 21-22
- [17] Wojciechowski A., 1994, Rozpoznanie i dokumentowanie zasobów złota w osadnikach szlamów arsenowych i odpadów poeksploatacyjnych kopalń kruszywa naturalnego, Górnictwo Odkrywkowe, vol. XXXVI, Nr 6, 99-111

Artykuł recenzował prof. dr hab. inż. Jerzy Bednarczyk
Rękopis otrzymano 10.10.2011 r. *2231