

## CHARAKTERYSTYKA JAKOŚCIOWO-IŁOŚCIOWA CZARNYCH OSADÓW Z PRZEDPOLA EKSPLOATACJI KOPALNI OSIECZNICA (DOLNY ŚLĄSK)

### CHARACTERISTICS OF QUALITY AND QUANTITY OF BLACK SEDIMENTS FROM THE FOREGROUND OF THE MINING OPERATIONS OSIECZNICA (LOWER SILESIA, POLAND)

Antoni Muszer – Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski

*W pracy scharakteryzowano czarny osad obecny w złożu wysoko wysortowanych piasków szklarskich z Osiecznicy. Czarny osad występujący na przedpolu eksploatacji w kopalni Osiecznica jest ekwiwalentem piasków szklarskich. W badanych koncentratkach występują głównie tlenki tytanu (rutyl, anataz), cyrkon, śladowe ilości magnetytu z hematytem, tlenki i wodorotlenki manganu (psylomelan, piroluzyt) oraz materiał organiczny. Zawartość minerałów ciężkich w czarnym osadzie wynosi 2,87 % obj. Piaski szklarskie są silnie zanieczyszczone materią organiczną. Barwa czarna (brunatno-czarna) związana jest z obecnością w szczelinach i pęknięciach w ziarnach kwarcu związków żelaza (hematytu), manganu (psylomelan, piroluzyt) oraz materiału organicznego.*

**Słowa kluczowe:** piaski szklarskie, minerały ciężkie

*The composition of the black sediment from the glass sand in Osiecznica (Lower Silesia, SW Poland) was described. The Black sediment that occurs in the foreland of the mine operation is equivalent to Osiecznica glass sand. The studied concentrates consist mainly of titanium oxides (rutile, anatase), zirconium, small quantity of magnetite with hematite, manganese oxides and hydroxides (psylomelan, pyrolusite) and the organic material. The content of heavy minerals in the black sediment is 2.87% by volume. Glass sands are heavily contaminated with organic material. The black color (brownish-black) is related to the presence of perforation and cracks in the quartz of iron (hematite), manganese (psylomelan, pyrolusite) and organic material.*

**Key words:** glass sand, heavy minerals, gravity concentration, deposit of glass sand

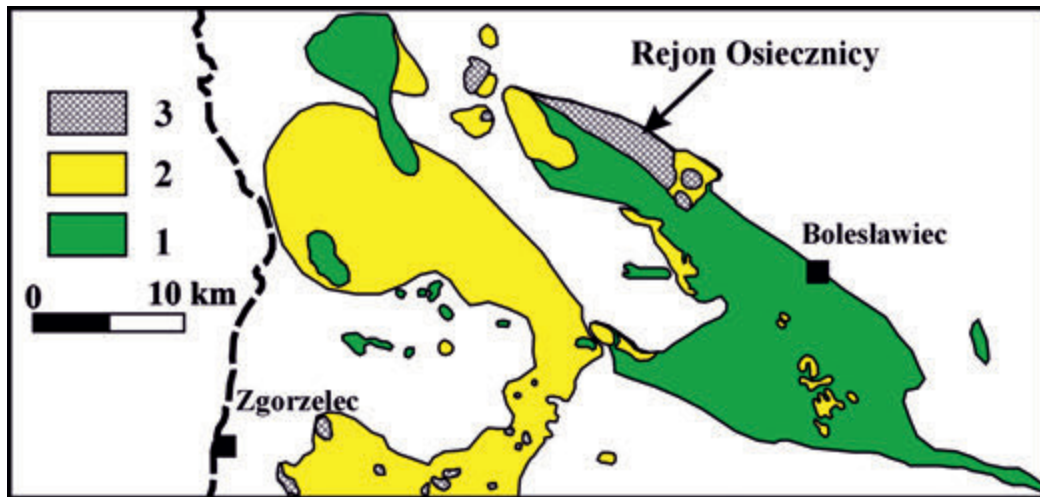
#### Wstęp

Złoża piasków (piaskowców) szklarskich w rejonie Osiecznicy stanowią jedną z największych baz surowcowych krzemionki w Polsce. Według Bilansu Zasobów [2] zasoby obecnie eksploatowanego złoża Osiecznica II wynoszą 14364,25 Mg. Piaskowce w omawianym rejonie zlokalizowane są w północnym skrzydle depresji północnosudeckiej, tzw. synklinie bolesławieckiej (rys. 1). W skład depresji wchodzi utworów kredowych, na których zalegają utwory neogenu. Tylko w nielicznych miejscach piaskowce kredowe odsłaniają się na powierzchni [12]. Utwory kredowe utworzyły się w wyniku sedymentacji piasków drobno- i średnioziarnistych w strefach brzegowych płytkiego morza. Słabo obtoczone ziarna piasku są spojone ilastym, kaolinowym lub krzemionkowym lepiszczem i tworzą piaskowiec, który bardzo łatwo ulega rozpadowi na luźny piasek pod wpływem nacisku lub uwodnienia.

Kredowe piaskowce koniaku i niektóre partie piaskowców santonu eksploatowane są w Osiecznicy przez KiZPPS „Osiecznica”, której właścicielem jest Quarzwerke GmbH. Warstwy koniaku i santonu rozciągają się zgodnym z osią niecki

z północnego-zachodu na południowy-wschód i zapadają ku jej środkowi pod kątem 20–45° na południowy-zachód. Miąższość horyzontu złożowego wynosi ponad 50 m. Piaskowce te, szczególnie w strefach zaangażowanych tektonicznie, uległy procesom wietrzenia (rozluźnienia) i oddzielenia oraz zanieczyszczeniom organicznym. Są to przede wszystkim piaskowce kwarcowe, drobno-ziarniste, w których dominuje frakcja podstawowa, tj. od 0,1 do 0,315 mm. Średnia ilość tej frakcji wynosi około 80% [4, 12]. W obrębie piaskowców występują śladowe ilości minerałów ciężkich [14].

Głównym celem podjętych badań było sprawdzenie możliwości oczyszczenia ze składników szkodliwych i wykorzystania ekonomicznego czarnych piaskowców występujących w kopalni Osiecznica (rys. 2). Czarny sedyment znajdujący się na przedpolu eksploatacji Kopalni Piasków Szklarskich Osiecznica zatrzymał front robót w kierunku NW, co spowodowało zwiększenie kosztów eksploatacji kopaliny poprzez utworzenie nowego, głębszego poziomu eksploatacyjnego oraz rozpoczęcie procesu wywożenia i składowania czarnych piaskowców na halde kopalnianą.



Rys. 1. Występowanie kredowych i neogeńskich piasków szklarskich w rejonie Bolesławca. 1 – utwory kredowe: piaski piaskowce, ropy i margle; 2 – utwory neogeńskie: piaski i ropy z warstwami węgla brunatnych; 3 – obszary złóż piasków szklarskich, (Muszer, Łuszczkiewicz [14])  
 Fig. 1. Cretaceous and Neogene glass sandstones occurrence near Bolesławiec. 1 – Cretaceous sediments: sands and sandstones, clays and marls; 2 – Neogene sediments: sands and clays with lignite beds; 3 – areas of glass sand deposits, (Muszer, Łuszczkiewicz [14]).



Rys. 2. Lokalizacja miejsca pobrania próbki czarnego osadu (czarna kropka, próbka OCZ, zdjęcie z Google Earth)  
 Fig. 2. The location of sampling points of black sediment (black point, sample OCZ, a photo from Google Earth)

### Zarys charakterystyki złoża

Seria złożowa charakteryzuje się dużą jednorodnością składu mineralnego i chemicznego. Zawartość krzemionki w wielu partiach złoża może dochodzić nawet do 99,8 % wag. [11]. Barwa piasku w stanie wilgotnym jest szara, po wyschnięciu na ogół biała, czasem żółtawa. Poza dominującym kwarcem rzadko obecne są skalenie, glaukonit, minerały ciężkie i okruchy skał żyłowych. Minerały ciężkie występują jako samodzielne ziarna oraz w postaci żyłek i wrostków w ziarnach kwarcu i w samych minerałach ciężkich.

Złoże jest bardzo jednorodne pod względem składu chemicznego. Stosunkowo niska zawartość związków żelaza w piaskach (max. 0,05 % wag.  $Fe_2O_3$ ) pozwala na zaliczenie ich do jakościowo najlepszych gatunków piasków szklarskich w Polsce i w Europie [9]. Omawiane piaski (piaskowce) odpowiadają wymaganiom klasy 2, 3, 4 i 5, z których po odpowiednim uszlachetnieniu otrzymuje się surowiec o jakości odpowiadającej wymaganiom klas 1, 2 i 3 [17].

Średnia miąższość złoża wynosi około 38 m („Osiecznica II”). W nadkładzie występują utwory kredowe młodsze od ko-

niaku (ropy, ropy i niektóre piaskowce), mioceńskie (piaski, kwarcyty, czasem żwirry) oraz plioceńsko-holoceni (piaski gliniaste i mulki). Średnia miąższość nadkładu waha się od 1,25 do 21 m [3]. Na przedpolu złoża w kierunku NW, pięć lat temu odsłoniły się miększe piaski o czarno-brunatnym zabarwieniu (rys. 3). Piaski te zajął się z szarobiałymi piaskami szklarskimi lub występują w formie kieszeni i zagłębień o różnej wielkości w ich obrębie.

### Metodyka badań

Do badań pobrano 5 kg czarno-burzych osadów (piasków, piaskowców) z przedpola odkrywki kopalni Osiecznica (rys. 2, 3). Próbkę została na wstępnym etapie badań poddana działaniu pola magnetycznego o natężeniu 9000 Gs. W badaniach wykorzystano magnes neodymowy cylindryczny, zaopatrzonego w niemagnetyczną tuleję ochronną. Analiza w silnym polu magnetycznym wykazała obecność minerałów podatnych na jego działanie, tj. magnetytu i martytu oraz pseudomorfoz hematytowych po magnetycie. Następnie, po homogenizacji i kwatowaniu próbkę materiału badawczego podzielono na 3 partie i rozpoczęto eksperymenty badawcze przy użyciu maszyny flotacyjnej typu IMN Gliwice



Rys. 3. Miejsce pobrania próbki do badań mineralogicznych i wzbogacalności czarnego osadu z kopalni Osiecznica  
Fig 3. The place of sampling for mineralogical and concentration studies of black sediment from the mine Osiecznica

oraz stołu koncentracyjnego typu Wilfley 13B. Przed rozpoczęciem eksperymentów z czarnego osadu (próbka OCZ) z trzeciej partii materiału wykonano analizę sitową na mokro na standardowych sitach typu Fritsch o oczkach: 0,355 mm, 0,250 mm, 0,125 mm, 0,090 mm i 0,045 mm. Flotację materiału badawczego wykonano w standardowych warunkach, wykorzystując naturalne właściwości flotacyjne materiału organicznego.

Z poszczególnych produktów eksperymentów wzbogacania, po wysuszeniu materiału badawczego w temperaturze 90°C, wykonano preparaty polerowane do badań mikroskopowych w świetle odbitym. Preparaty sporządzono standardową techniką stosowaną do próbek rud metali (Muszer 2000). Polerowanie materiału badawczego zostało przeprowadzone na podkładach polerowych firmy Struers DP-Mol, DP-Dur i DP-Nap, przy wykorzystaniu w tym celu ściśle określonych granulacji past diamentowych.

Badania mikroskopowe preparatów polerowanych wykonano w Pracowni Analiz Surowców Mineralnych w Instytucie Nauk Geologicznych UWr. Obserwacje próbek przeprowadzono w świetle odbitym i przechodzącym przy użyciu mikroskopu Optiphot 2-Pol firmy Nikon. Minerale rudne zdiagnozowano w oparciu o własności optyczne i fizyczne kruszców, szeroko opisane w literaturze naukowej [1, 8, 13, 15, 18, 19, 20]. Do rozpoznawania minerałów skałotwórczych, obserwowanych w preparatach polerowanych i szlifach cienkich, wykorzystano ich charakterystyki zawarte w podręcznikach mineralogicznych [5, 6, 7] oraz podręcznikach minerałów rudnych [13, 15, 20]. Do określenia ilościowych relacji minerałów w badanych próbkach zastosowano planimetryczną analizę mikroskopową i program komputerowy Lucia M.

### Charakterystyka mineralogiczna czarnego osadu z przedpola kopalni Osiecznica

Analiza sitowa czarnego osadu blokującego front robót górniczych w kierunku NW (próbki OCZ) wykazała, że największy wychód uziarnienia związany jest z frakcją >0,355 mm. Dwie najgrubsze frakcje (tj. +0,355 i +0,250 mm) stanowią ponad 79 % składu uziarnienia badanego osadu (tab. 1). Porównując skład frakcji czarnych osadów z analizą frakcji piasków szklarskich przeprowadzonych przez Milewicza [12] oraz Błaszaka i Grodzickiego [4] jednoznacznie można stwierdzić, że są to te same utwory kredowe eksploatowane jako surowiec szklarski.

Frakcja najdrobniejsza (poniżej 0,045 mm) reprezentuje znikomą ilość badanego materiału tj. ok. 2,38 % jego objętości. Główną masę frakcji najdrobniejszej stanowi materiał organiczny, o słabej refleksyjności. Jego ilość w tej frakcji w stosunku do ziarn kwarcu wynosi 95,68 % obj. Czarny osad piaskowcowy składa się głównie ze średnio obtoczonych ziarn kwarcowych. Ziarna te są popękane oraz pocięte drobnymi żyłkami, co świadczy o silnym trawieniu ziarn kwarcowych, najprawdopodobniej przez kwasy humusowe (rys. 4, 5). W obrębie żyłek i pęknięć występuje pigment hematytowo-goethytowy, manganowy oraz drobny materiał organiczny. Pigment ten wraz z materiałem organicznym nadaje czarno-burą makroskopową barwę osadowi oraz ziarnom kwarcu, poprzez wewnętrzne refleksy obserwowane pod mikroskopem do światła odbitego.

Przeprowadzona analiza próbek produktów wzbogacania (oczyszczania) metodą flotacji (tab. 2) i oraz grawitacji (stół koncentracyjny, tab. 3) wykazała brak wyraźnego wzbogacenia

Tab. 1. Tabela rozkładu frakcji z czarnego osadu (kopalnia Osiecznica)  
Tab. 1. Distribution of black sediment fraction (mine Osiecznica)

Frakcja w [mm]	Wychód w %	Wych. sum.%
>0,355	48,84	48,84
>0,250	30,75	79,59
>0,125	12,13	91,72
>0,90	1,89	93,61
>0,045	4,00	97,62
<0,045	2,38	100,00
Nadawa N(obliczona)	100,00	

Tab. 2. Rozkład produktów flotacji czarnego osadu  
Table 2. Distribution of flotation products from black sediment

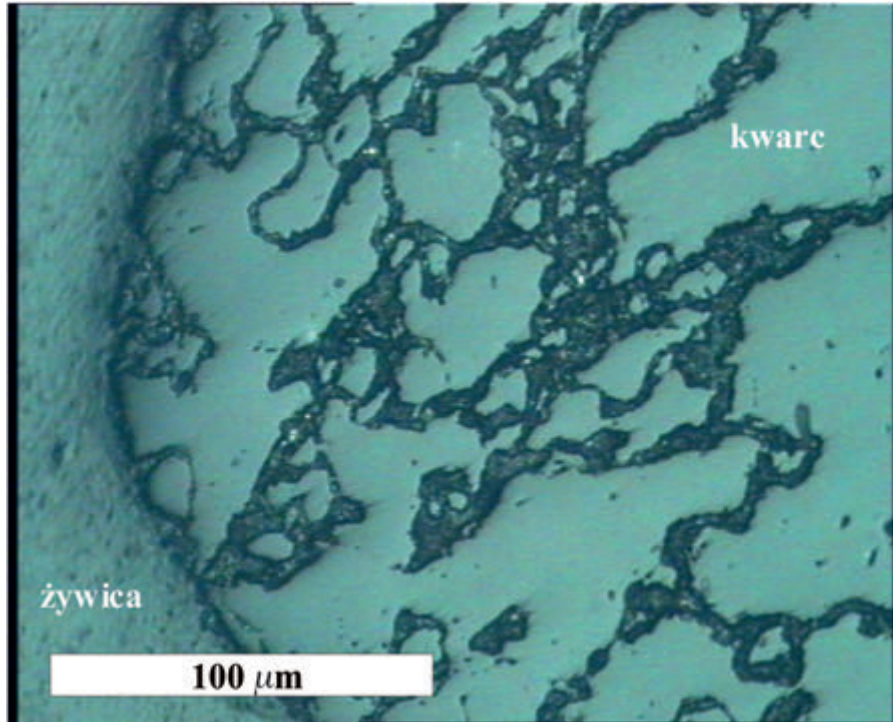
Produkt	Wychód w %	Wych. sum.%
OCZ/F/K1*	0,01	0,01
OCZ/F/K2*	0,23	0,24
OCZ/F/O*	99,76	100,00
Nadawa N(obliczona)	100,00	

\*OCZ/F/K1, OCZ/F/K2 –koncentraty, OCZ/F/O–odpad

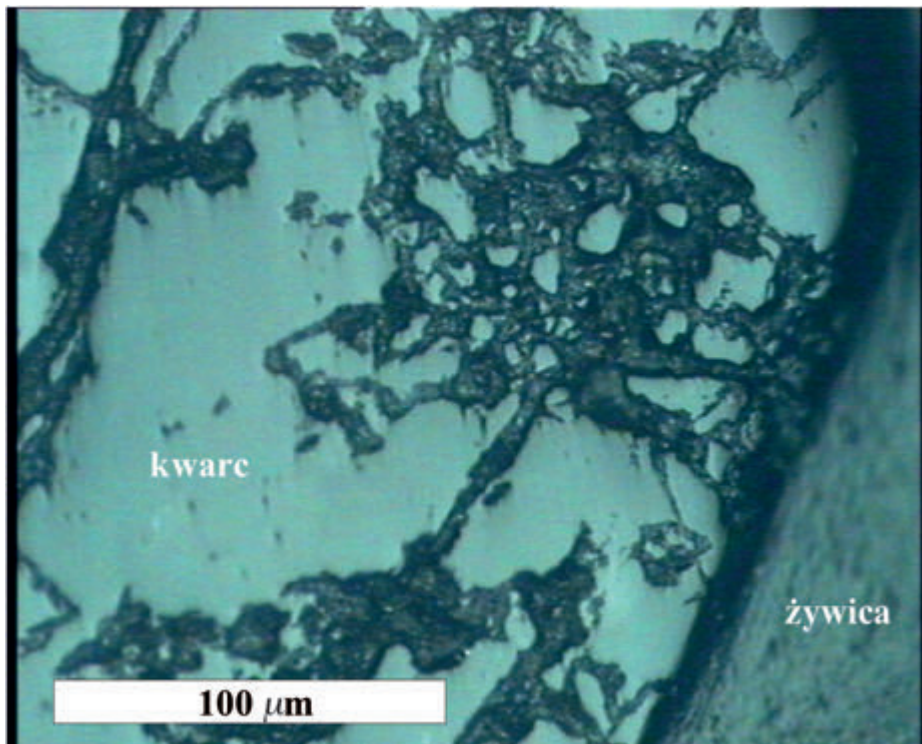
Tab. 3. Rozkład produktów koncentracji czarnego osadu na stole koncentracyjnym

Table 3. Distribution of products from enriched black sediment on the concentration table

Produkt	Wychód w %	Wych. sum.%
OCZ/S/K	15,19	15,19
OCZ/S/P1	20,39	35,58
OCZ/S/O	64,42	100,00
Nadawa N(obliczona)	100,00	



Rys. 4. Ziarno kwarcowe z czarnego osadu z licznymi, nieregularnie rozmieszczonymi żyłkami. Światło odbite, bez analizatora  
Fig. 4. Quartz grain from black sediment with numerous irregularly spaced veins. Reflected light, without analyzer



Rys. 5. Ziarno kwarcowe z czarnego osadu z licznymi, nieregularnie rozmieszczonymi żyłkami. Światło odbite, bez analizatora  
Fig. 5. Quartz grains from black sediment with numerous irregularly spaced veins. Reflected light, without analyzer

produktów eksperymentów. W przypadku flotacji ilość koncentratów wyniosła zaledwie 0,24 % (tab. 4), z czego większość stanowi materiał organiczny (koncentrat K1, tab. 5) a w przypadku koncentratu K2 głównymi składnikami są minerały tytanu oraz markasyt. Pozostała część materii organicznej nie uległa wyflotowaniu, z uwagi na silne związanie z ziarnami kwarcowymi. W czarnym osadzie oprócz materii organicznej (rys. 6) oraz ziarn kwarcowych zanieczyszczonych związkami żelaza i manganu nie występuje żaden pożyteczny składnik mineralogiczny w ilości pozwalającej na jego odzysk.

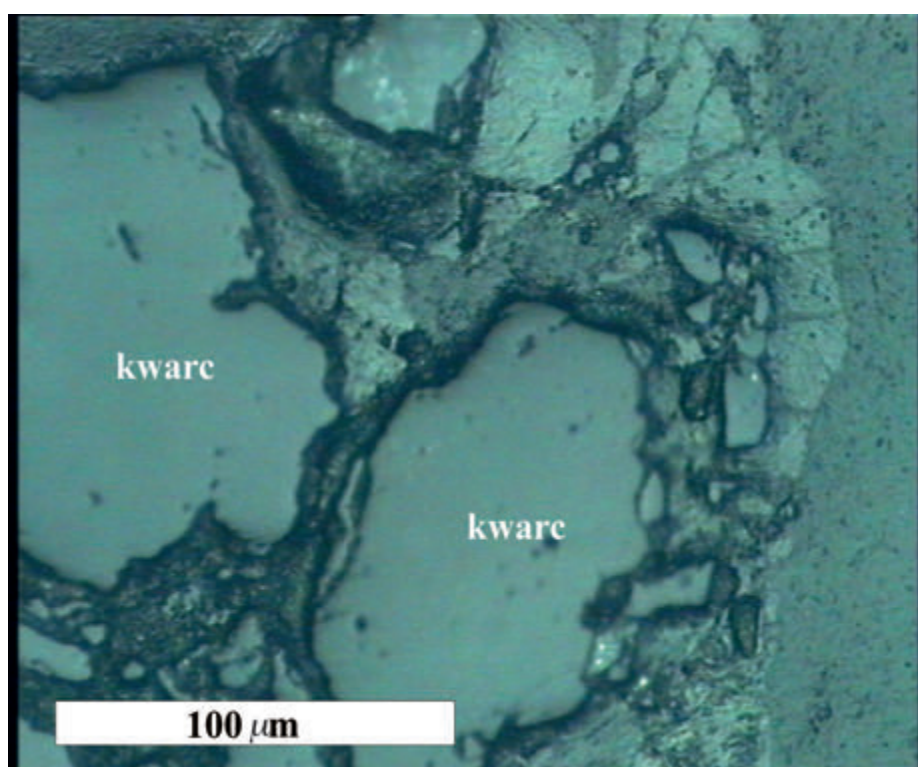
Analiza mikroskopowa produktów wzbogacania metodą grawitacyjną wykazała obecność w koncentracie (OCZ/S/K) oraz w półprodukcie (OCZ/S/P1) odpowiednio 1,75% obj. i 1,12% minerałów rudnych tj. rutylu, anatazu, cyrkonu, magnetytu i psy-lomelanu-piroluzytu. Materiał organiczny w całości skumulował się w odpadzie (OCZ/S/O, tab. 4)

Analiza mikroskopowa produktów flotacji (tab. 5, próbki OCZ/F/K1, OCZ/F/K2) wykazała podobny skład jakościowy minerałów ciężkich, jak w przypadku koncentratu grawitacyjnego (tab. 4). W koncentratkach stwierdzono obecność rutylu, anatazu, cyrkonu, magnetytu oraz dominującą materię organiczną. Ponadto w koncentracie OCZ/F/K2 zaobserwowano nieliczne ziarna markasytu, najczęściej występujące w formie małych wrostków o wielkości do 10  $\mu\text{m}$  średnicy w obrębie ziarn kwarcowych (rys. 7).

Magnetyt tworzy ziarna o wielkości do 50  $\mu\text{m}$  średnicy i z reguły widoczny jest w nich proces martytyzacji wzdłuż ścian krystalizacyjnych. Hematyt tworzy się jako efekt utlenienia ziarn magnetytowych. Proces utlenienia magnetytu zachodzi od zewnętrznej części kryształów do środka poprzez tworzenie się typowych struktur siatkowych. Minerale ciężkie rutyl, anataz i cyrkon występują w formie automorficznej lub hipautomorficznej. W ziarnach rutilowych widoczny jest proces oczyszczania się i

Tab. 4. Rozkład minerałów ciężkich i materii organicznej w czarnym osadzie po procesie grawitacyjnym (stół koncentracyjny)  
Table 4. Distribution of heavy minerals and organic materials from the gravity process (concentration table)

Produkt	Rozkład w % obj.						suma
	rutyl	anataz-rutyl	cyrkon	magnetyt	materiał organiczny	psylomelan-piroluzyt	
OCZ/S/K	0,85	0,21	0,41	0,02	0,00	0,26	1,75
OCZ/S/P1	0,53	0,59					1,12
OCZ/S/O	0,00	0,11	0,00	0,00	3,45	0,00	3,56

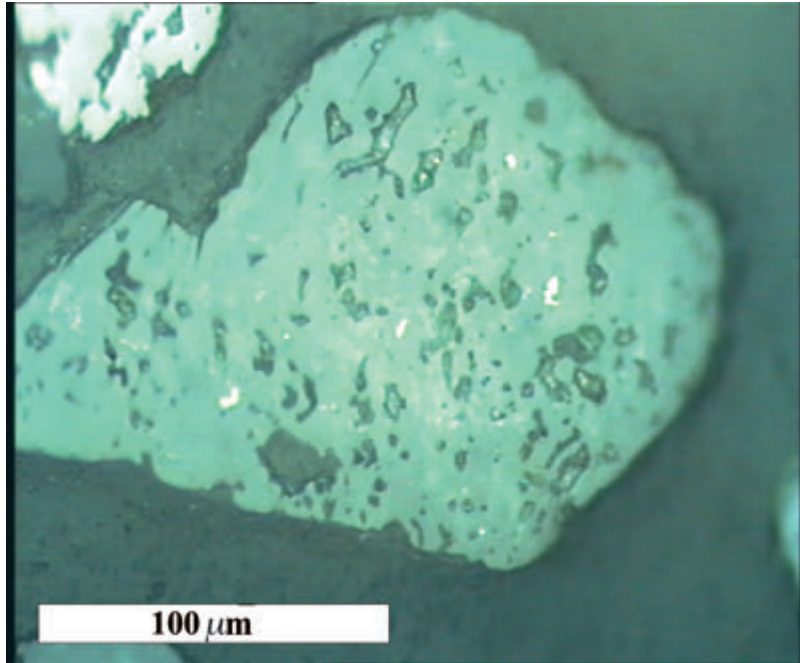


Ryc. 6. Ziarna kwarcowe z czarnego osadu zrosnięte z materiałem organicznym. Światło odbite, bez analizatora  
Fig. 6. Quartz grains from black sediment with organic material. Reflected light, without analyzer

Tab. 5. Rozkład minerałów ciężkich i materii organicznej w koncentratkach z czarnego osadu po procesie flotacji  
Table 5. Distribution of heavy minerals and organic materials from the flotation concentrates

Produkty	Rozkład w % obj.				
	rutyl	anataz-rutyl	magnetyt	materiał organiczny	markasyt
OCZ/F/K1	0,39	0,43	1,19	97,99	
OCZ/F/K2	65,57	16,39	0,00	0,00	18,04

przechodzenia w drobnoziarnistą mozaikę anatazową. Wielkość ziarn tlenków tytanu waha się od 5 do 10  $\mu\text{m}$  średnicy. W niektórych ziarnach rutylu i anatazu można zaobserwować obecność produktów leukoksynizacji oraz tytanizacji. Ziarna cyrkonów charakteryzują się lekkim obtoczeniem oraz wykazują na ściankach kryształów ślady trawienia.



Rys. 7. Ziarno kwarcowe z czarnego osadu z wrostkami markasytu (jasne) i śladami trawienia (robaczkowe kształty). Światło odbite, bez analizatora  
Fig 7. Quartz grain from black sediment with inclusions of marcasite (bright) and traces of chemical etching (vermicular forms). Reflected light, without analyzer

## Podsumowanie

Czarny sedyment znajdujący się na przedpolu eksploatacji kopalni Osiecznica pod względem stratygraficznym stanowi ekwiwalent piasków szklarskich. Jego całkowite oczyszczenie ze składników szkodliwych (głównie materii organicznej i kaolinitu zawierającego kwasy humusowe) jest prawie niemożliwe. Materiał ten może być tylko oczyszczony (wzbogacony) z minerałów ciężkich tj. tlenków tytanu, magnetytu, cyrkonu oraz z minerałów manganowych. Proces koncentracji minerałów ciężkich za pomocą stołu koncentracyjnego wykazał możliwość ich wzbogacenia. Przeprowadzona próba oczyszczenia osadu ze związków organicznych za pomocą metody flotacyjnej nie powiodła się. Materiał organiczny luźno związany z osadem został wyflotowany, natomiast materiał tkwiący w szczelinach i zagłębieniach kwarcowych pozostał na swoim miejscu.

Zawartość składników akcesorycznych w pierwotnych jasnoszarych piaskowcach kredowych (0,2-2,5 % obj., [10, 11] jest zbliżona pod względem ilościowym do zawartości minerałów ciężkich w osadach czarnych znajdujących się na przedpolu odkrywki w Osiecznicy (2,87% obj.). Jednakże oba osady różnią się wyraźnie składem akcesorycznych minerałów. W pierwotnym złożu piasków szklarskich w Osiecznicy występują tlenki tytanu, tj. rutyl, anataz, magnetyt, hematyt-goethyt, ilmenit-leukoksen, kwarc z wrostkami siarczków i tlenków, fosforany (monacyt, ksenotym), krzemiany (cyrkon, dysten, pirokseny) oraz siarczki (chalkopiryt, piryt, pirotyt, sfaleryt, pentlandyt), siarkoarsenki i siarkoantymonki (arsenopiryt, tetraedyt-tennantyt). Ponadto w złożu stwierdzono obecność złota i srebra rodzimego [14].

W czarnych osadach kredowych nie stwierdzono obecności fosforanów, krzemianów oraz siarczków oprócz jednego, tj. markasytu. W osadzie występują tylko nieliczne rutyle, anatazy, magnetyt ze śladami martytyzacji, cyrkonu oraz psydomelan i piroluzyt. Wszystkie pozostałe minerały, które znajdowały się w obecnym czarnym osadzie uległy procesom destrukcyjnym, związanym z wnikaniem w obręb piaskowców kredowych kwasów

humusowych. Kwasy te mogą być związane z rozwojem tundry w trakcie rozwoju zlodowaceń pokrywających wielokrotnie obszar przedgórza Sudetów.

Głównym czynnikiem nadającym barwę pierwotnemu szarobiałemu osadowi są składniki organiczne. Kwasy humusowe wytrawiły w ziarnach kwarcowych mikroszczeliny (rys. 4, 5), w które wniknęła materia organiczna oraz rozpuszczone związki manganu i żelaza. Związki te, po skryształowaniu zablokowały się w mikroszczelinach lub zlitfikowały i zlepiły ze sobą drobne ziarna kwarcowe i materiał organiczny. Proces technologiczny oparty o zmielenie czarnych piaskowców nie spowoduje drastycznej zmiany ilości materiału organicznego i poprawy barwy oraz czystości kwarcu. Materiał organiczny występujący na zewnątrz poszczególnych ziarn kwarcowych (rys. 6), złączony z nimi kaolinem lub związkami manganu, może zostać oddzielony za pomocą metod grawitacyjnych (eksperyment na stole koncentracyjnym), jednakże materiał organiczny i związki Mn-Fe zawarte w mikroszczelinach mogą być tylko usunięte poprzez intensywny proces mielenia skały. Mielenie piasków w celu dotarcia do materiału organicznego znajdującego się w mikroszczelinach i jego wyflotowania, ze względu na dużą dostępność piasków szklarskich w rejonie Tomaszowa Mazowieckiego w serii bialogórskiej, jest całkowicie nieopłacalne ekonomicznie. Czarny osad znajdujący się na przedpolu kopalni Osiecznica także nie nadaje się do wykorzystania w budownictwie ze względu na dużą zawartość części organicznych.

Praca została wykonana w ramach projektu pt. „Strategie i scenariusze zagospodarowania surowców skalnych” współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach PO Innowacyjna Gospodarka.

## Literatura

- [1] Banaś M., 1979 - Badania w świetle odbitym. W: Metody badań minerałów i skał. Wyd. Geol. Warszawa 1979
- [2] Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce na 31 XII 2012 r., (2013), Wyd. Państwowy Instytut Geologiczny. Państwowy Instytut Badawczy
- [3] Błaszak M., 1973 - Atlas litologiczno-surowcowy Polski 1: 2 000 000. Surowce skalne. I. Surowce okruczowe. Piaski kwarcowe przedczwartorzędowe. Wyd. Geol. Warszawa
- [4] Błaszak M., Grodzicki A., 1979 - Piaski szklarskie. W: Surowce mineralne Dolnego Śląska. Wyd. PAN. Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk
- [5] Bolewski A., 1975 - Mineralogia szczegółowa. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa.
- [6] Bolewski A., Manecki A., 1993 - Mineralogia szczegółowa. Wydawnictwo PAE. Warszawa. 662
- [7] Borkowska M., Smulikowski K., 1973 – Minerale skałotwórcze. Wyd. Geol. Warszawa. 477
- [8] Criddle A.J., Stanley C.J., 1993 - Quantitative data file for ore minerals. 3rd edition, Chapman & Hall, London-New York-Madras
- [9] Kozłowski S., 1986 - Surowce skalne Polski. Wyd. Geol. Warszawa
- [10] Łuszczkiewicz A., 1987 - Odzysk minerałów ciężkich z piasków szklarskich Kopalni” Osiecznica”. Fizykochemiczne problemy Mineralurgii. nr. 19, 309-319
- [11] Łuszczkiewicz A., 2002 - Poznawcze i technologiczne aspekty występowania minerałów ciężkich w surowcach okruczowych. Wyd. Politech. Wroc. Wrocław
- [12] Milewicz J., 1967 - Kreda depresji północnosudeckiej w świetle nowych badań. W: Przewodnik XL Zjazdu PTG. Warszawa
- [13] Muszer A., 2000 - Zarys mikroskopii kruszców. Wyd. Uniw. Wroc. Wrocław
- [14] Muszer A., Łuszczkiewicz A., 2006 - Mineralogical characteristic of accessory minerals from Osiecznica deposit, SW Poland. Physicochemical Problems of Mineral Processing. 40, 77-88
- [15] Piestrzyński A., 1992 - Wybrane materiały do ćwiczeń z petrografii rud. Skrypty Uczelniane. Wyd. AGH. Kraków. 393
- [16] Polesiński Z., 1965 - Krajowe surowce kaolinowe. Przeg. Geol. nr 12
- [17] Poręba E., 1968 - Wykorzystanie złóż piasków szklarskich w Polsce. I konf. nauk.-techn. „Surowce skalne Polski”. Wyd. Geol. Warszawa
- [18] Ramdohr P., 1975 - Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin
- [19] Uytendogaardt W., Burke E.A.J., 1971 - Tables for Microscopic Identification of Ore Minerals. Elsevier. Amsterdam - London - New York
- [20] Wołyński J.S., 1958 - Mikroskopowe oznaczanie minerałów kruszczowych. Przekład z rosyj. Wyd. Geol. Warszawa