

MINERAŁY CIĘŻKIE W STREFIE KONTAKTU MEZOZOIK/KENOZOIK W ZŁOŻU WĘGLA BRUNATNEGO BEŁCHATÓW

HEAVY MINERALS IN THE BEŁCHATÓW LIGNITE DEPOSIT FROM THE MESOZOIC/CENOZOIC CONTACT ZONE

AGNIESZKA PĘKALA¹, ELŻBIETA HYCNA²

Abstrakt. W artykule przedstawiono wyniki badań mineralogicznych minerałów ciężkich obecnych w skałach strefy kontaktu mezozoik/kenozoik w złożu węgla brunatnego Bełchatów. Na podstawie badań mikroskopowych stwierdzono występowanie takich minerałów ciężkich, jak: dysten, staurolit, cyrkon, turmalin, tlenkowe minerały tytanu, monacyt oraz piryt i galena. Analiza ilościowa wykazała, że spośród minerałów ciężkich nieprzezroczystych dominują dysten oraz turmalin.

Słowa kluczowe: minerały ciężkie, osady wietrzeniowe, strefa kontaktu mezozoik/kenozoik, złożo węgla brunatnego Bełchatów.

Abstract. The paper presents the results of mineralogical studies of heavy minerals in the Bełchatów lignite deposit from the Mesozoic/Cenozoic contact zone, based on microscopic investigations. The rocks contain disthene, staurolite, zircon, tourmaline, titanium oxide minerals, monazite, pyrite and galena. Quantitative analysis shows that disthene and tourmaline are predominant among opaque heavy minerals.

Key words: heavy minerals, weathering sediments, Mesozoic/Cenozoic contact zone, Bełchatów lignite deposit.

WSTĘP

Minerały ciężkie stanowią bardzo ważną grupę minerałów, pomimo że należą do grupy minerałów pobocznych i akcesorycznych, a ich rola skałotwórcza jest podrzędna. Są przedmiotem zainteresowania w wielu dziedzinach nauk o Ziemi – odgrywają istotną rolę w rozwiązywaniu zagadnień geologicznych, petrograficznych i stratygraficznych. Są nośnikiem podstawowych informacji o genezie skał. Mają także duże znaczenie gospodarcze, jako surowce pierwiastków rzadkich i rozproszonych, wykorzystywanych w nowoczesnych technologiach. W skorupie ziemskiej występują

w skałach różnych typów, ale przede wszystkim są związane z osadowymi skałami okruchowymi i ilastymi. Cechą identyfikacyjną opisywanej grupy minerałów jest gęstość, której dolna granica wynosi 2850 kg/m³.

Minerały ciężkie, będące przedmiotem badań przedstawionych w niniejszym artykule, wydzielono ze skał pochodzących ze strefy kontaktu mezozoik/kenozoik w złożu węgla brunatnego Bełchatów. Wspomnianą strefę kontaktu stanowią skały podłoża mezozoicznego, reprezentowane przez wapienie jurajskie, a także opoki, gezy, diatomity, krzemie-

¹ Zakład Geotechniki i Hydrotechniki, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, ul. Poznańska 2; 35-959 Rzeszów; e-mail: apekala@prz.edu.pl

² Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: hycnar@geol.agh.edu.pl

nie, margle oraz waki i arenity wieku kredowego. Osady pochodzenia wietrzeniowego reprezentują paleogeńskie opoki odwapnione oraz neogeńskie ily kaolinitowe i brekcje osadowe (Ratajczak i in., 2002; Gilarska i in., 2005, 2007; Hycnar i in., 2007). Materiał do badań wydzielono ze skał okruchowych, margli oraz neogeńskich utworów wietrzeniowych.

Skały okruchowe – waki i arenity, występują wśród osadów wieku kredowego, tworząc dwa kompleksy, różniące się między sobą wykształceniem litologicznym. Kompleks górny budują przede wszystkim waki – słabo zwarte, czasami rozsypliwie, różnoziarniste, drobno- i średnioziarniste, źle wysortowane, ale dobrze obtoczone, zawierające w swoim składzie znaczne ilości glaukonitu. W kompleksie dolnym występują głównie arenity: masywne, zwarte, zazwyczaj drobnoziarniste, dobrze wysortowane i obtoczone (Hycnar, Pękala, 2010).

Margle górnokredowe omawianej strefy charakteryzują się drobnokrystalicznym tłem węglanów – ilastym. Materiał terygeniczny skał tego typu reprezentują liczne węglanowe bioklasty, psamitowe ziarna kwarcu o różnym stopniu obtoczenia oraz kuliste agregaty glaukonitu. Spotykano również pojedyncze blaszki biotytu i muskowitu.

Mianem utworów wietrzeniowych określono osady, na których powstanie znaczący wpływ miały procesy hiper-geniczne, takie jak: wietrzenie, transport, sedimentacja oraz

rekrytalizacja minerałów. Utwory te występują pomiędzy skałami podłoża mezozoicznego (wapieniami jurajskimi bądź marglami kredowymi) a osadami kompleksu podwęglowego – iłami smektytowymi. Najczęściej przyjmują postać rumoszu skalnego zbudowanego z beładnie ułożonych, ostrokrawędzistych, odpornych na działanie wietrzenia litoklastów. W przeważającej mierze rumosze ten jest skonsolidowany i przyjmuje charakter brekcji osadowej (Pękala, Hycnar, 2011). Kolejną skałą o genezie wietrzeniowej są ily kaolinitowe. Są to skały słabo zwarte, których głównym składnikiem mineralnym są kolumnowe agregaty kaolinitu o charakterystycznym pokroju – robakowatym lub wachlarzowatym, powstałe w efekcie kaolinityzacji skaleni, szkliska wulkanicznego i muskowitu.

Stałym, aczkolwiek pobocznym składnikiem opisanych skał są również minerały ciężkie. Minerały ciężkie obecne w osadach paleogenu i neogenu były już w Polsce przedmiotem badań i licznych publikacji (Kosmowska-Ceranowicz, Bühmann, 1982; Masłowska, Michałowska, 2004). Ogólną charakterystykę minerałów ciężkich w poszczególnych jednostkach litostratygraficznych profilu złoża Bełchatów przedstawił Wagner (1989). Brakuje jednak opracowań przedstawiających charakterystykę tych minerałów występujących w partiach spągowych neogeńskiego kompleksu podwęglowego i podłoża podkenozoicznego.

MATERIAŁ BADAWCZY

Materiał badawczy pochodził z rdzeni wiertniczych, rozpoznawczych i piezometrycznych, z pola Szczerców oraz z południowego zbocza odkrywki Bełchatów. Pobrane próbki skał reprezentowały utwory należące do kompleksu mezozoicznego oraz neogeńskiego kompleksu wietrzeniowego. Łącznie pobrano 53 próbki skał, z czego z podłoża mezozoicznego pochodziły 23 próbki skał okruchowych oraz 14

próbek margli. Z kompleksu wietrzeniowego pobrano 6 próbek iłów kaolinowych i 10 próbek brekcji osadowej. Do badań wykorzystano zarówno naturalne próbki skał, jak również wydzielone z nich frakcje ziarnowe. Najwyższą koncentracją minerałów ciężkich charakteryzowała się frakcja ziarnowa 0,04–0,5 mm.

METODY BADAŃ

Ze względu na urozmaicony charakter petrograficzny badanych skał wydzielenie minerałów ciężkich wymagało zróżnicowanej metodyki badawczej.

W większości przypadków separacji minerałów ciężkich dokonano przy użyciu czterobromku acetyleny $C_2H_2Br_4$ o gęstości $2,97\text{ g/cm}^3$, używając lejka Harady. Materiał badawczy wydzielono również metodą ręczną, z zastosowaniem lupy binokularnej. Z luźnego materiału wyseparowano minerały ciężkie różniące się cechami fizycznymi i morfologicznymi. Z tak przygotowanego materiału wykonano proszkowe preparaty mikroskopowe.

Analizy fazowe objęły:

- obserwacje w mikroskopie stereoskopowym (lupa binokularna firmy Olympus SZX-9);

- obserwacje mikroskopowe w spolaryzowanym świetle przechodzącym i odbitym przy zastosowaniu mikroskopu Olympus BX-51, wraz z analizą ilościową;
- mikroskopię skaningową przy zastosowaniu mikroskopu elektronowego (SEM) FEI Quanta 200FEG z mikroanalizatorem rentgenowskim (EDX);
- dyfraktometrię rentgenowską przy wykorzystaniu dyfraktometru PHILIPS X'Pert z monochromatyzatorem refleksyjnym; dyfraktogramy interpretowano za pomocą programu identyfikacyjnego XRAYAN z bazą minerałów ICPDS (Diduszko, Marciniak, 1995);
- analizę ilościową minerałów ciężkich przezroczystych przy użyciu lupy binokularnej do uzyskania 300 ziaren w próbce (Kenig, 1999b).

WYNIKI BADAŃ

W opisanych skałach występujących w strefie kontaktu mezozoik/kenozoik w złożu węgla brunatnego Bełchatów zidentyfikowano minerały ciężkie przezroczyste, takie jak: dysten, staurolit, turmalin, cyrkon, tlenkowe minerały tytanu (brookit, rutyl, anataz) oraz minerały nieprzezroczyste: piryt, galena i monacyt.

MINERAŁY CIĘŻKIE PRZEZROCZYSTE

Dysten jest minerałem ciężkim najczęściej spotykanym w strefie kontaktu. Jest wykształcony w formie tabliczek i charakteryzują go odmiany hipautomorficzne o wyraźnym pokroju krystalograficznym.

Minerałem współwystępującym z dystenem jest **staurolit**. Jest on najczęściej wykształcony w formie krótkich słupków, rzadziej przybiera formy ziarniste. Kryształy przyjmują zazwyczaj formę ksenomorficzną, niekiedy z zaznaczoną jednokierunkową łupliwością. W obrębie kryształów zidentyfikowano wrostki innych minerałów nieprzezroczystych.

Minerałem często spotykanym w badanych utworach jest również **turmalin**. Jego kryształy przyjmują głównie kształt kulisty lub elipsoidalny, czasem można spotkać osobniki subhedralne. Wykazuje on zabarwienie żółtozielone, oliwkowozielone, a niekiedy miodowe. W obrębie kryształów można zauważyć wrostki innych minerałów, a na powierzchniach liczne rysy i wgłębienia.

Cyrkon najczęściej występuje w formie subhedralnych kryształów, tylko nieliczne osobniki mają prawidłowy zarys ścian. Minerał ten na ogół jest zabarwiony na szaroróżowo, sporadycznie bywa bezbarwny. W obrębie kryształów są wi-

doczne liczne inkluzje ciekłe i gazowe oraz wrostki innych minerałów (fig. 1). Na powierzchniach ziaren spotyka się liczne rysy i wgłębienia.

Wśród minerałów przezroczystych zidentyfikowano również tlenki tytanu: brookit, rutyl i anataz. **Brookit** występuje najczęściej. Minerał ten przyjmuje postać sub- lub euhedralnych kryształów zabarwionych na ciemnobrunatno, brązowo, czasem bladożółto. Jego specyficzną cechą są wysokie, żywe barwy interferencyjne (fig. 2). **Rutyl** występuje w postaci dobrze obtoczonych ziaren, niekiedy tworzy formy agregatowe. Przeważnie jest zabarwiony na brunatnobrązowo lub ciemnobrunatno. Na powierzchni ziaren zidentyfikowano ślady po procesach rozpuszczania. **Anataz** jest najrzadziej spotykany spośród wymienionych tlenków tytanu. Jest on wykształcony w postaci tabliczek, z częściowo zaznaczonym pokrojem kryształów. Jego rozmiary dochodzą do 0,05 mm.

MINERAŁY CIĘŻKIE NIEPRZEZROCZYSTE

Piryt jest najpowszechniej występującym nieprzezroczystym minerałem ciężkim w utworach strefy kontaktu, zarówno podłoża mezozoicznego, jak i kompleksu wietrzeniowego (Gilarska i in., 2005, 2007; Hycnar, Pękala, 2010). Forma jego występowania jest zróżnicowana, jednak wskazuje jednoznacznie na autogeniczne pochodzenie tego minerału. Piryt w skałach kontaktu mezozoik/kenozoik przybiera postać kryształów o idiomorficznych zarysach, ziaren pozbawionych cech krystaliczności, osobników framboidalnych. Jest obecny zarówno w formie pojedynczych kryształów,



Fig. 1. Ziarno cyrkonu

Światło przechodzące, XP

Grain of zircon

Transmitted light, XP

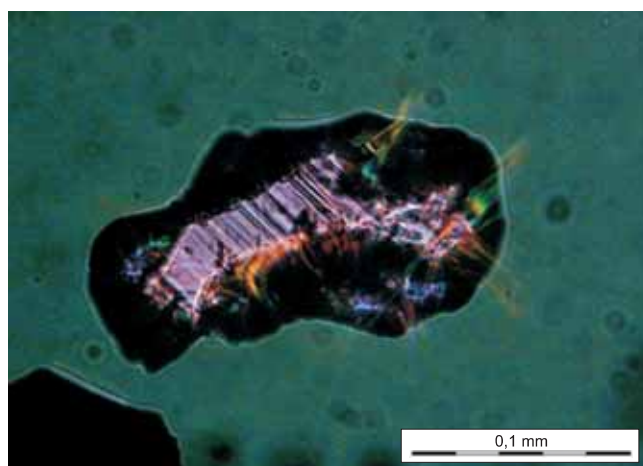


Fig. 2. Ziarno brookitu o żywych barwach interferencyjnych

Światło przechodzące, XP

Grain of brookite with intensive interference colours

Transmitted light, XP

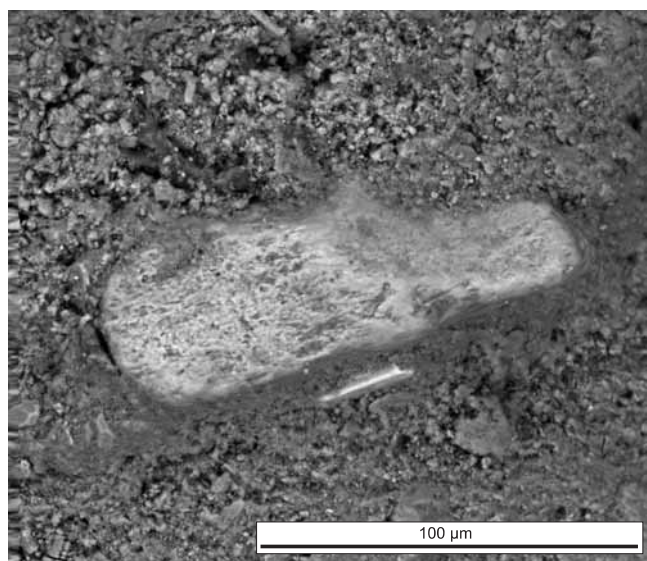


Fig. 3. Ziarno monacytu

Obraz SEM/EDX

Grain of monazite

SEM/EDX image

jak i skupień agregatowych; impregnuje uwęglone szczątki roślin; inkrustuje skorupy małży i wypełnia wnętrza komór otwornic oraz występuje w formie ziemistej, tworząc różnorodne wyprysnięcia i naskorupienia. Zróżnicowanie pirytu pod względem morfologicznym zależy od genezy jego po-

wstawania. Piryt framboidalny powstaje w warunkach redukcyjnych przy udziale bakterii beztlenowych i jest poprzedzony rozkładem siarczanów (Sawłowicz, 2000). Formy ziarniste i idiomorficzne są natomiast wynikiem krystalizacji z roztworu. Powierzchnia pirytu w wielu przypadkach nosi wyraźne ślady utleniania. Z procesami wietrzenia należy wiązać obecność gipsu na powierzchniach ziaren i kryształów pirytu.

Poza pirytem spośród minerałów ciężkich nieprzezroczystych rozpoznano galenę oraz monacyt. **Galena** przybiera postać idiomorficznych kryształów o gładkiej i błyszczącej powierzchni. Forma wykształcenia kryształów świadczy o autogenicznym pochodzeniu tego minerału. **Monacyt** ma postać okrągłych ziaren, co wskazuje na wysoki stopień jego obtoczenia (fig. 3). Powierzchnie ziaren są pokryte przez liczne kawerny i wgłębienia wypełnione minerałami ilastymi i siarczanami.

ANALIZA ILOŚCIOWA

Analiza ilościowa wykazała, że spośród rozpoznanych minerałów ciężkich przezroczystych przeważają dysten oraz turmalin. Spektrum przezroczystych minerałów ciężkich wykazuje prawie równorzędny udział dystenu i turmalinu (fig. 4). Średni udział dystenu stanowi 30,1% obj., a turmalinu 29,5% obj. Uzupełniająco występują: staurolit w ilości 15% obj., tlenkowe minerały tytanu – 19,4% obj. oraz cyrkon – 5% obj. Z minerałów tlenkowych tytanu najczęściej identyfikowano brookit i rutyl.

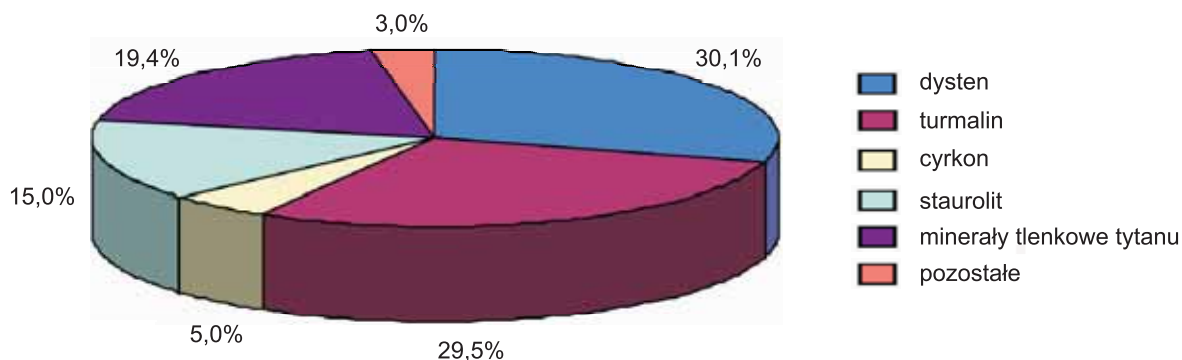


Fig. 4. Przezroczyste minerały ciężkie w utworach strefy kontaktu mezozoik/kenozoik w złożu węgla brunatnego Bełchatów [% obj.]

Transparent heavy minerals in sediments in the Bełchatów lignite deposit [vol. %] from the Mesozoic/Cenozoic contact zone

WNIOSKI

1. W górnokredowych utworach podłoża mezozoicznego oraz neogeńskich osadach kompleksu wietrzeniowego tworzących strefę kontaktu w złożu Bełchatów zidentyfikowano dwie grupy minerałów ciężkich:

- przezroczyste: dysten, turmalin, cyrkon, staurolit oraz tlenkowe minerały tytanu (brookit, rutyl i anatyz);
- nieprzezroczyste: piryt, monacyt i galena.

2. Rozpoznane minerały ciężkie, z wyjątkiem pirytu i galeny, są minerałami allogenicznymi odpornymi, a nawet bardzo odpornymi na działanie czynników wietrzenia chemicznego oraz mechaniczne niszczenie w czasie transportu (Manecki, Muszyński, 2008). Można zatem powiedzieć, że utwory strefy kontaktu w złożu Bełchatów zawierają tylko takie spośród minerałów ciężkich przetransportowanych do środowiska sedymentacji, które mogły przetrwać długi transport, długotrwałe oddziaływanie czynników mechanicznych i chemicznych podczas powolnej sedymentacji, czy nawet kilka cykli sedymentacyjnych.

3. Piryt i galena są minerałami autigenicznymi, powstałymi w miejscu sedymentacji skał. Wskazuje na to forma ich występowania oraz dobry stan ich zachowania.

Biorąc pod uwagę podatność na mechaniczne i chemiczne czynniki wietrzenia, piryt i galena są zaliczane do minerałów o niewielkiej odporności zarówno mechanicznej, jak i na procesy rozpuszczania i utleniania. Minerały te podczas transportu zatraciłyby idiomorficzne kształty kryształów, zostałyby obtoczone, a ich powierzchnia uległaby zniszczeniu. Zidentyfikowane na powierzchni ziaren pirytu ślady rozpuszczania należy wiązać z infiltracją wód gruntowych pochodzenia meteorycznego oraz krasowych.

Praca powstała w ramach działalności statutowej Zakładu Geotechniki i Hydrotechniki PRz oraz Katedry Mineralogii, Petrografii i Geochemii AGH (nr 11.11.140.158).

LITERATURA

- DIDUSZKO R., MARCINIAK H., 1995 — XRAYAN – program do rentgenowskiej analizy fazowej. Warszawa.
- GILARSKA A., STACHURA E., 2005 — Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna skał krzemionkowych ze strefy kontaktu trzeciorzęd–mezozoik w złożu węgla brunatnego „Bełchatów”. *Zesz. Nauk. PŚl. Gór.*, **269**: 97–107.
- GILARSKA A., HYCNAR E., 2007 — Wpływ procesów wietrzenia na charakter mineralogiczno-petrograficzny skał ze strefy kontaktu trzeciorzęd–mezozoik w złożu węgla brunatnego Bełchatów. *Górn. Odkrywk.*, **49**, 7: 24–29.
- HYCNAR E., GILARSKA A., SIKORSKA M., 2007 — Wapienie ze strefy kontaktu trzeciorzęd–mezozoik w złożu węgla brunatnego Bełchatów (pole Szczerców) i możliwość ich wykorzystania jako sorbentów do obniżania emisji dwutlenku węgla. *Górn. Odkrywk.*, **49**, 7: 30–36.
- HYCNAR E., PEKALA A., 2010 — Waki i arenity ze strefy kontaktu mezozoik–neogen w złożu węgla brunatnego „Bełchatów” – procesy diagenetyczne a charakter mineralogiczno-petrograficzny. *Górn. Odkrywk.*, **52**, 2: 56–59.
- KENIG K., 1999 — Analiza składu mineralno-petrograficznego frakcji piaszczystej. W: Metodyka opracowania Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 (red. L. Marks, A. Ber). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MANECKI A., MUSZYŃSKI A., 2008 — Przewodnik do petrografii. Uczeln. Wyd. Nauk.-Dydakt. AGH, Kraków.
- MASŁOWSKA M., MICHAŁOWSKA M., 2004 — Skład minerałów ciężkich w osadach podłoża czwartorzędu północno-zachodniej Polski. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **407**: 89–111.
- PEKALA A., HYCNAR E., 2011 — Opoki ze złoża węgla brunatnego „Bełchatów” a możliwości jej praktycznego wykorzystania. *Zesz. PRzesz., Budow. Inż. Środ.* [w druku].
- RATAJCZAK T., KOSKI I., PABIS J., 2002 — Osady zwietrzelinowe ze strefy kontaktowej trzeciorzęd–mezozoik w złożu węgla brunatnego „Bełchatów” – ich litologia, charakter surowcowy i możliwości wykorzystania”. Świeradów-Zdrój, 26–28.06.2002. Symp. Konfer., **56**. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- SAWŁOWICZ Z., 2000 — Fromboids: from their origin to application. *Pr. Miner.*, **88**.
- WAGNER M., 1989 — Zmienność zespołów minerałów ciężkich w profilu trzeciorzędu rowu Bełchatowa. *Spraw. z Pos. Komis. Nauk. PAN*, **33**, 2: 371–373.