

BADANIA MINERALOGICZNE W PROBLEMATYCE KOPALIN TOWARZYSZĄCYCH I MINERALNYCH SUROWCÓW ODPADOWYCH

The mineralogical research in associate raw materials and waste mineral materials

Tadeusz RATAJCZAK¹, Elżbieta HYCNA¹
& Waldemar JOŃCZYK²

¹*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii;
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

²*BOT Kopalnia Węgla Brunatnego „Bełchatów” S.A.*

Abstract: The rational management of raw materials resources requires utilization all useful mineral types occurring in a deposit, i.e. associated mineral raw materials and waste mineral materials which come from exploration process. The associated mineral raw materials and mineral waste materials are often accumulated in anthropogenic deposits. The quality of raw material is a superior criterion which stimulates the possibility of its utilizations.

Key words: associated raw materials, waste mineral materials, anthropogenic deposit, mineralogical investigations

Słowa kluczowe: kopaliny towarzyszące, mineralne surowce odpadowe, złoża antropogeniczne, badania mineralogiczne

KOPALINY TOWARZYSZĄCE, MINERALNE SUROWCE ODPADOWE, ZŁOŻA ANTROPOGENICZNE

Racjonalna gospodarka zasobami kopaliny czy ich kompleksowe, a przede wszystkim kompletne wykorzystanie wymaga rozwiązania kilku problemów. Mają one charakter złożowo-surowcowy a dotyczą kopaliny towarzyszących, mineralnych surowców odpadowych, a przede wszystkim złóż antropogenicznych. Wszystkie te pojęcia funkcjonują w geologii złożowej, gospodarce surowcami mineralnymi czy górnictwie. Niektóre od dość dawna.

Kopaliny towarzyszące zostały zdefiniowane m.in. przez Niecia (1994). Rozumie się przez nie odmiany występujące w sąsiedztwie kopaliny głównej. Mogą też być z nią równoległe eksploatowane, natomiast ich samodzielne wydobycie bywa bardzo często nieopłacalne. Niekiedy łączy się bowiem z potrzebą selektywnego eksploatowania tych kopaliny ze złoża.

Mineralne surowce odpadowe powstają w efekcie prowadzenia prac udostępniających i eksploatacyjnych. Pojawiają się również w wyniku procesów przerobczych i przetwórczych (m.in. Rosik-Dulewska 2006, Bolewski 1992). Czynności te stymulują ich podział. W efekcie różnią się one pomiędzy sobą właściwościami. Wynika to z charakteru procesów prowadzących do ich powstania. Wśród odpadów poprzrobczych można wyróżnić pierwotne i wtórne (przeobrażone). Te ostatnie tworzą się w wyniku procesów niszczących strukturę mineralnych składników tych odpadów. Prezentowane przez mineralne surowce odpadowe wartości użytkowe mogą być inne aniżeli w przypadku kopalin naturalnych.

Nie wszystkie kopaliny towarzyszące czy odmiany mineralnych surowców odpadowych znajdują natychmiastowe zastosowanie praktyczne. Z myślą o zapobieżeniu ich bezpowrotnej stracie oraz stworzeniu możliwości wykorzystania w przyszłości, coraz częściej bywają deponowane na tzw. złożach wtórnych czy antropogenicznych. Termin ten zaproponowano dla zwałów i osadników gromadzących kopaliny towarzyszące i mineralne surowce odpadowe. Jedną z pierwszych prób ich zdefiniowania podjął Bolewski (1990). Szerzej zagadnienia i problemy wynikające z powstawania tego typu złóż omówił Nieć (1999). Według Bolewskiego (1990) są to (...)nagromadzenia kopaliny użytecznej utworzone przez człowieka w rezultacie wytwarzania odpadów kopalnianych, przerobczych, technologicznych w czasie, gdy nie znany był inny sposób ich wykorzystania(...). Z kolei Nieć (1999) uważa, że złoża te powinny:

- gromadzić kopaliny czy surowce mineralne posiadające właściwości decydujące o ich użyteczności;
- poprzez wykorzystanie przynosić pożytek gospodarczy. Zależec to będzie m.in. od ilości i zaistnienia warunków umożliwiających podjęcie eksploatacji.

Jak w takiej sytuacji wyglądają możliwości praktycznego wykorzystania kopalin towarzyszących czy mineralnych surowców odpadowych? Czym są uwarunkowane i rozwiązania jakich problemów wymagają? Czy i jak ta sytuacja odbiega od mającej miejsce w przypadku gospodarowania naturalnymi kopalinami? Częściowo odpowiedź na te pytania można znaleźć w sformułowaniach stanowiących treść odpowiednich, istniejących i obowiązujących wytycznych czy zarządzeń a także treści *Prawa geologicznego i górniczego* (1994). Zagadnienia te dotyczą bowiem problemów wynikających m.in. z zasad geologicznego dokumentowania kopalin. Zagospodarowanie kopalin towarzyszących i mineralnych surowców odpadowych jest problemem złożonym. Wpływ na taką decyzję powinien mieć nie tylko planowany efekt surowcowy, ale także przesłanki ekologiczne i agrotechniczne.

Nasze rozważania ograniczą się do analizy roli i znaczenia badań mineralogicznych zmierzających do rozwiązania tych problemów. Potrzeba ich realizacji była podnoszona już wcześniej (m.in. Ratajczak & Bahranowski 1994, Ratajczak 2003).

WŁAŚCIWOŚCI SUROWCOWE KOPALIN TOWARZYSZĄCYCH I MINERALNYCH SUROWCÓW ODPADOWYCH

Atrybutem, zarówno kopalin towarzyszących, jak i mineralnych surowców odpadowych, decydującym o ich wykorzystaniu jest użyteczność. Jej ocena obejmuje ustalenie wielu parametrów. W przypadku kopalin towarzyszących są nimi:

- forma i warunki zalegania;
- rodzaj, jakość i właściwości surowcowe;
- wielkość zasobów.

Podobnie jak w przypadku gospodarki naturalnymi surowcami mineralnymi, kryterium nadrzędnym stymulującym tę sytuację, pozostaje jakość surowcowa. Ta z kolei zależy od wielu czynników. Jednym z nich, w niektórych przypadkach najważniejszym, jest znajomość składu mineralnego. Stąd też ważna rola i konieczność wykonywania tego typu badań. Zmierzać one powinny do ustalenia składu fazowego – jakościowego i ilościowego. Ich celem winna być także identyfikacja cech i właściwości strukturalnych oraz teksturalnych utworów (Bolewski 1985). Wskazane jest, aby badania te wychodziły naprzeciw oczekiwanemu niekiedy przez technologów dokładnemu rozpoznaniu mineralicznemu tych kopalin czy surowców.

Pojawienie się kopalin towarzyszących, a zwłaszcza niektórych odmian mineralnych, surowców odpadowych czy złóż antropogenicznych jest efektem ingerencji człowieka w gospodarowanie zasobami kopalin. Przez to powoduje powstanie odstępstw czy anomalii surowcowych różniących część, zwłaszcza odpadów, czy też złoża wtórne od kopalin czy nagromadzeń naturalnych. Złoża antropogeniczne teoretycznie powinny gwarantować stabilność i niezmiennosc cech surowcowych gromadzonych utworów. Nie zawsze jednak tak się dzieje i nie zawsze jest to możliwe. Bardzo często występująca niejednorodność surowcowa złóż wtórnych według Niecia (1999) może być związana z:

- zróżnicowaniem litologicznym i petrograficznym składowanego materiału,
- segregacją materiału (lub jej brakiem),
- zachodzącymi przemianami mineralogicznymi.

Tak ujęte zagadnienie kopalin towarzyszących, mineralnych surowców odpadowych czy złóż antropogenicznych w kontekście problematyki mineralogicznej powoduje pojawienie się niejako dwóch odmian odpadów czy kopalin:

- 1) Pierwsza obejmuje głównie kopaliny towarzyszące oraz poeksploatacyjne odmiany mineralnych surowców odpadowych. Rzadziej zaliczyć tutaj można odpady poprzetwórcze. Ich wspólną cechą jest to, że reprezentują one materiały o składzie mineralno-chemicznym czy cechach strukturalno-teksturalnych zbliżonych a nawet tożsamy z kopalinami naturalnymi.
- 2) W skład drugiej wchodzi większość poprzetwórczych odmian mineralnych surowców odpadowych. Procesy technologiczne związane z ich powstaniem niekiedy mogą prowadzić do zmiany ich charakteru mineralno-chemicznego oraz strukturalno-teksturalnego. Bywa również, że fenomenologia złóż antropogenicznych powoduje zaistnienie w niektórych sytuacjach procesów skałotwórczych prowadzących do transformacji ich składników.

BADANIA MINERALOGICZNE KOPALIN TOWARZYSZĄCYCH I MINERALNYCH SUROWCÓW ODPADOWYCH

Rozwiązanie problemów mineralogicznych w przypadku kopalin towarzyszących i mineralnych surowców odpadowych, podobnie jak w przypadku kopalin naturalnych, obejmować powinno głównie realizację celów poznawczych czy podstawowych. W ich zakres wchodzi m.in. oznaczenie składu chemicznego i mineralnego a także uziarnienia, morfologii ziarn, zawartości składników szkodliwych oraz części organicznych a nawet skłonności do samozapłonu.

Pojawiające się wspomniane anomalie surowcowo-złożowe stawiają przed badaniami mineralogicznymi nowe zadania. Sfera badań podstawowych bywa wówczas rozszerzona o identyfikację:

- procesów mineralotwórczych zachodzących w złożach wtórnych,
- nowopowstałych składników fazowych wtórnych odpadów przetwórczych.

Badania mineralogiczne realizowane w przypadku kopalin towarzyszących i mineralnych surowców odpadowych są prowadzone z wykorzystaniem typowych metod stosowanych dla kopalin naturalnych. W ostatnich latach zostały one poszerzone. Wynikało to z wywołanej ich obecnością uciążliwości środowiskowej. Powoduje ona, że tradycyjny wachlarz stosowanej analityki mineralogicznej może okazać się niewystarczający. Dotyczy to zwłaszcza sytuacji, w których należy zidentyfikować domieszki mogące być źródłem zanieczyszczeń środowiska (Mączka 2002).

Zasygnalizowane wyżej problemy powodują, że badania mineralogiczne powinny dotyczyć trzech obszarów:

- 1) kopalin towarzyszących występujących w złożach naturalnych;
- 2) kopalin towarzyszących i mineralnych surowców odpadowych zgromadzonych w złożach antropogenicznych;
- 3) mineralnych surowców odpadowych, w przypadku których procesy przetwórcze doprowadziły do zmian chemiczno-mineralnych czy dotyczących struktury wewnętrznej ich składników; są to zwykle wspomniane odpady wtórne.

W pierwszym przypadku zakres i rodzaj badań mineralogicznych jest zbliżony do realizowanego w sytuacji kopalin naturalnych obecnych w złożu. Bywa, że są one wykonywane z racji potrzeby geologicznego dokumentowania kopalin czy też wymogów norm decydujących o ich praktycznym wykorzystaniu.

W sytuacji złóż antropogenicznych potrzeba realizacji badań mineralogicznych wynika z kilku przesłanek:

- Słabą stroną tych złóż jest szczupłość danych dotyczących m.in. właściwości surowcowych deponowanego materiału. Fakt ten często uniemożliwia ocenę możliwości ich utylizacji a w efekcie i zbytu.
- Bardzo częstej niejednorodności w przypadku materiałów zgromadzonych w tych złożach. Jest to uzależnione od wielu czynników. Należą do nich m.in. historia i sposób formowania złoża. Bywa, że część materiału została w nich zgromadzona w sposób nieselektywny.
- Niektóre z cech determinujących właściwości surowcowe materiałów zgromadzonych w złożach wtórnych w stosunku do materiałów pierwotnych uległy transformacji. Dzieje się tak dlatego, że są one poddawane oddziaływaniu czynników hipergenicznych, a te należą do najbardziej dynamicznych w wierzchnich partiach skorupy ziemskiej. Wynika to ze wzajemnego oddziaływania składników i czynników litosfery, hydrosfery, biosfery i atmosfery. Stąd bardzo aktywne i stosunkowo szybko przebiegające w zgromadzonych materiałach procesy przeobrażeniowe.
- Potrzeby identyfikacji procesów zachodzących pomiędzy składnikami – komponentami mineralnymi materiałów zgromadzonych na hałdach. Wiedza ta jest niekiedy nieodzowna, jako że procesy te prowadzą do zmiany właściwości surowcowych materiałów.

- Wykorzystanie zgromadzonych materiałów w ochronie środowiska. Wymaga to realizacji zupełnie innego niż w przypadku problematyki surowcowej zakresu badań. Został on zaproponowany przez Ratajczaka i Strzelską-Smakowską (2007). Jego celem jest wykazanie możliwości zastosowania, zarówno kopalin towarzyszących, jak i mineralnych surowców odpadowych np. jako sorbentów mineralnych, komponentów do budowy przesłon hydroizolacyjnych, neutralizatorów.

Trzeci obszar badań w polskich realiach obejmuje głównie odpady poelektrowniane. Zalicza się do nich m.in. popioły i żużle oraz reagipsy. Może obejmować również grupę odpadów powstałych w drodze chemicznych procesów wzbogacania. Ten rodzaj odpadów z uwagi na swoją specyfikę wymaga realizacji zupełnie osobnego, niż w przypadku tradycyjnym, zakresu badań. Wynika to z dwóch przesłanek:

- 1) traktowania ich jako substytutów mineralnych,
- 2) problemów ochrony środowiska.

W praktyce oznacza to potrzebę oznaczania m.in.:

- zawartości metali ciężkich, pierwiastków toksycznych, promieniotwórczych a niekiedy również galu, germanu, selenu i związków siarki;
- obecności faz Fe, Si, S a także odmian połączeń substancji organicznej;
- występowania tzw. mikrosfer.

Problem wykorzystania tej odmiany mineralnych surowców odpadowych w ochronie środowiska powinien objąć także oznaczenie niektórych cech fizykochemicznych. Są nimi wymywalność metali, sorpcja (właściwości jonowymienne i powierzchnia właściwa), cechy katalityczne i tiksotropowe.

Praktyka geologiczno-górnicza czy związana z gospodarką surowcami mineralnymi w warunkach polskich bardzo często powoduje, że mamy do czynienia z potrzebą rozwiązania problemów wynikających z faktu tworzenia złóż antropogenicznych. Pojawiają się sytuacje wymagające rozwiązania. Wymagają one bardzo często wykonania analiz wchodzących w zakres badań mineralogicznych. Oto niektóre przykłady.

W KWB „Bełchatów” S.A. istnieje złożo antropogeniczne gromadzące kredę jeziorną. Opady atmosferyczne powodują, że następuje w nim wymywanie części organicznych. Gromadzą się one u podnóża złoża, co prowadzi do naturalnego podziału złoża z uwagi na charakter surowcowy zalegających w nim materiałów. Obecność części organicznych wyraźnie wpływa na skład kredy, ograniczając jej możliwości užitkowe. Problemy te spowodowały, że służby geologiczne Kopalni rozważały możliwość stworzenia mapy surowcowej zwału, uwzględniającej zmienności fizykochemiczne zgromadzonej kredy. Zachodziła też potrzeba przeprowadzenia aktualnych badań, mających na celu uchwycenie zachodzących zmian (Wiśniewski 1998). Podobny problem w przypadku KWB „Bełchatów” pojawił się w sytuacji złoża wtórnego iłów beidelitowych. I tutaj oddziaływanie czynników atmosferycznych spowodowało zmianę ich jakości surowcowej ograniczając przez to zbyt. Wykorzystywane one były m.in. przez zakłady ceramiczne w Opocznie.

Badania granulometryczne i mineralogiczne odpadów po byłym górnictwie rud żelaza w rejonie częstochowskim wykazały zmiany w stosunku do iłów doggerskich – pierwotnego i macierzystego składnika tych złóż. Już wcześniej Greszta (1963) stwierdził zróżnicowanie granulometryczne tych osadów. Wpływ erozji wodnej a także eolicznej doprowadził do nadania utworom ilastym charakteru piaszczystego czy mułkowego. Spostrzeżenia te zostały po-

twierdzone przez Ratajczaka (1998). Iły poeksploatacyjne zalegające w hałdach wykazują wyraźny ubytek frakcji najdrobniejszej. Z kolei badania mineralogiczne wykazały pojawienie się w nich gipsu i minerałów mieszanopakietowych typu illit/smektyt. Obecność obu tych faz może stanowić rezultat procesów hipergenicznych zachodzących na hałdach. Powoduje zmianę ich właściwości surowcowych.

Cechą wspólną odpadów poflotacyjnych pochodzących z procesów wzbogacania rud Zn-Pb jest znaczna wymywalność obecnych w nich metali, w tym ciężkich i toksycznych. Może ona dochodzić do 90% (Chodyniecka & Haber 1995). Zdaniem Pawlikowskiego i Mazurka (2000) sprzyja temu stwierdzone rozdrobnienie dolomitów zgromadzonych na hałdach, a przez to zwiększenie powierzchni reagujących z otoczeniem, m.in. z wodami opadowymi. Zachodzące wewnątrz tych zwałów procesy minerałotwórcze mogą też doprowadzić do powstania nowych faz mineralnych. Są nimi: gips, kalcyt, baryt, minia rodzima (Jończy 2006). Wykazano też metasomatyczne podstawianie kationów Zn, Pb, Cd w dolomicie czy też zachodzące procesy dedolomityzacji.

Szczególne intensywne przemiany zachodzą w przypadku odpadów poeksploatacyjnych i poprzroboczych węgla kamiennych. Prowadzą one zazwyczaj do ich wyraźnej dezintegracji. Rozkładowi ulega też piryt. Procesy te zmierzają do zmiany składu fazowego zgromadzonego materiału (Szczepańska *et al.* 1988). Rozkładowi ulegają przede wszystkim farmboidalne i metakoloidalne formy pirytu. Pospolite są pseudomorfozy tych form wypełnione gipsem. W krótkim stosunkowo czasie (kilkunastu lat) siarczki te w materiale złożowym praktycznie zanikają.

W rozważaniach tych pominięto zagadnienia opróbowania materiału analitycznego w przypadku złóż antropogenicznych. Tym niemniej jest to problem bardzo ważny, nierozłącznie związany z omawianą problematyką. Nie mieści się jednak w zakresie zagadnień będących treścią tego artykułu.

Praca ta stanowi rezultat badań wykonanych w ramach działalności statutowej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica nr 11.11.140.158.

Praca była prezentowana na Sesji Naukowej organizowanej przez Katedrę Mineralogii, Petrografii i Geochemii pt. „90 lat Katedry Mineralogii, Petrografii i Geochemii w AGH”.

LITERATURA

- Bolewski A., 1985. Udział mineralogii w gospodarce surowcami mineralnymi. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 1, 1, 23–36.
- Bolewski A. (red.), 1990. *Zarys gospodarki surowcami mineralnymi*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 1–37.
- Bolewski A., 1992. *Encyklopedia surowców mineralnych H-O*. Wydawnictwo CPGSMiE PAN, Kraków.
- Chodyniecka L. & Haber T., 1995. Procesy hipergeniczne w zwałowiskach odpadów poflotacyjnych po produkcji cynku i ołowiu. *Rudy Metali*, 40, 6, 184–189.
- Greszta J., 1963. Charakterystyka gleboznawcza zwałów kopalnictwa rud żelaza oraz metody ich zagospodarowania. *Ochrona Przyrody*, 6, 14–19.
- Jończy I., 2006. *Charakterystyka mineralogiczno-chemiczna zwałowiska odpadów poprodukcyjnych huty cynku i ołowiu w Rudzie Śląskiej-Wirku oraz jego wpływ na środowisko*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Monografia, 1–85.

- Mączka W., 2002. Analiza istniejących sposobów oceny surowców wtórnych i odpadowych. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 18, 3, 65–76.
- Nieć M., 1994. Kopaliny towarzyszące. *Przegląd Geologiczny*, 42, 5, 330–334.
- Nieć M., 1999. Złoża antropogeniczne. *Przegląd Geologiczny*, 47, 1, 93–98.
- Pawlikowski M. & Mazurek J., 2000. Zjawiska mineralogiczne i geochemiczne w hałdzie poeksploatacyjnej rud Zn-Pb ZGH Bukowno oraz w jej otoczeniu. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 16, 1, 57–74.
- Prawo geologiczne i górnicze*. Ustawa z dnia 4 lutego 1994 roku. Dziennik Ustaw nr 228, poz. 1947.
- Ratajczak T. & Bahranowski K., 1994. Ustalenie składu mineralno-chemicznego i własności fizycznych odpadów elektrowniowych jako podstawa dla ich kompleksowego i proekologicznego wykorzystania. *Materiały Konferencyjne „Problemy geologii i ekologii w górnictwie podziemnym”*, 355–360.
- Ratajczak T., 1998. *Hałdy po górnictwie rud żelaza – stan aktualny i możliwości zagospodarowania*. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, 1–92.
- Ratajczak T., 2003. Mineralogical investigations pertaining to waste mineral raw materials. *Prace Specjalne PTMin*, 22, 181–184.
- Ratajczak T. & Strzelska-Smakowska B., 2007. *Rola kopalni lokalnych i mineralnych surowców w złożach antropogenicznych i w ochronie środowiska (na przykładzie powiatu chrzanowskiego)*. *Poradnik metodyczny*. Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, 1–51.
- Rosik-Dulewska C., 2006. *Podstawy gospodarki odpadami*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Szczepańska J., Twardowska I. & Witczak S., 1988. *Wpływ odpadów górniczych węgla kamiennego na środowisko wodne. Ocena zagrożenia, prognozowanie, zapobieganie*. Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Prace i studia, 1–250.
- Wiśniewski W., 1998. Uwarunkowania eksploatacji kopalni antropogenicznych złóż wtórnych. Optymalizacja na etapie ich tworzenia. *Konferencja „Kompleksowe wykorzystanie surowców a ochrona środowiska”*, 28–32.