



Analiza możliwości pozyskiwania strategicznych surowców mineralnych

*Wiesław Blaschke, Beata Witkowska-Kita, Katarzyna Biel
Centrum Gospodarki Odpadami i Zarządzania Środowiskowego
w Katowicach Oddziału Instytutu Mechanizacji Budownictwa
i Górnictwa Skalnego w Warszawie*

1. Wstęp

W 2010 r., powołana przez Komisję Unii Europejskiej tzw. Ad-hoc Working Group, przedstawiła [8] raport analizujący dostępność do 41 surowców mineralnych mających istotne znaczenie dla gospodarki wspólnoty. Informacje o pracach Grupy przedstawiono w artykule „Analiza możliwości pozyskiwania krytycznych surowców mineralnych” opublikowanych w niniejszym zeszycie Rocznika Ochrona Środowiska [4].

W wyniku przeprowadzonej, przez Ad-hoc Working Group Komisji Unii Europejskiej, analizy 41 surowców podzielono je wstępnie na trzy grupy o różnym stopniu dostępności. Wydzielono grupy surowców krytycznych, surowców strategicznych i surowców deficytowych. Grupę surowców strategicznych stanowi 12 kopalin/surowców o bardzo ważnym znaczeniu ekonomicznym i specyficznych uwarunkowaniach związanych z krytycznością i ryzykiem niedoboru podaży. Są to: ren, tellur, żelazo, aluminium, boksyty, magnezyt, molibden, mangan, wanad, cynk, nikiel, chrom. Wśród nich zwracają uwagę surowce masowo wykorzystywane w kluczowych branżach przemysłowych (żelazo, aluminium) oraz tzw. surowce strategiczne np. tradycyjne składniki stali stopowych (wanad, chrom, mangan, molibden) [8,13,14].

Przedstawiona lista 12 surowców strategicznych jest propozycją, która może ulec modyfikacji w wyniku dalszych prac Grupy ds. Podaży Surowców Mineralnych.

Kompleksowa ocena potencjału surowcowego krajów Unii Europejskiej, niezbędnego dla jej harmonijnego i zrównoważonego rozwoju gospodarczego oraz postępu technologicznego, jest jednym z priorytetów polityki surowcowej Unii Europejskiej [13,14].

2. Technologie pozyskiwania surowców strategicznych

W niniejszym artykule przeprowadzono analizę literaturową technologii pozyskiwania surowców strategicznych [1–3,11,12,15,16]. Głównym źródłem tych surowców są rudy a także odzysk niektórych surowców (ren, tellur) ze szlamów wytwarzanych w przemyśle przetwórczym. Najpowszechniej stosowane są procesy przeróbki i wzbogacania.

Wzbogacanie rud metali podzielić można na: wzbogacanie mechaniczne oraz chemiczne.

Do podstawowych metod wzbogacania mechanicznego surowców zaliczonych do grupy surowców strategicznych zaliczyć należy:

- metody grawitacyjne – zastosowano w przypadku manganu, wanadu i chromu,
- wzbogacanie na drodze klasyfikacji – zastosowano w przypadku magnezytów,
- wzbogacanie w cieczach ciężkich – zastosowano w przypadku żelaza, manganu i cynku,
- wzbogacanie w hydrocyklonach – zastosowano w przypadku żelaza, manganu i cynku,
- wzbogacanie na stołach koncentracyjnych – zastosowano w przypadku żelaza,
- wzbogacanie magnetyczne – zastosowano w przypadku żelaza, cynku i chromu,
- wzbogacanie na drodze elektrolizy – zastosowano w przypadku aluminium.

Do metod wzbogacania fizyko-chemicznego zalicza się:

- suchy sposób wzbogacania (prażenie, spiekanie, destylacja) – zastosowano w przypadku żelaza, magnezytów i boksytów,

- mokry sposób wzbogacania (przemywanie, ługowanie) – zastosowano w przypadku żelaza,
- flotację – zastosowano w przypadku żelaza, manganu, wanadu, cynku i niklu.

W tabeli 1 zestawiono technologie pozyskiwania surowców strategicznych.

Tabela 1. Zestawienie technologii pozyskiwania surowców strategicznych [źródło: opracowanie własne na podstawie [1–3,11,12,15,16]]

Table 1. Technologies for sourcing strategic raw materials [source: own study based on [1–3,11,12,15,16]]

Surowiec	Technologia
ren	<ul style="list-style-type: none"> – Przeróbka koncentratów molibdenitowych, – przeróbka rud miedzi, – odzysk renu w postaci nadrenianu(VII) amonu metodą strąceniową, z kwasów płuczkowych (technologia wycofana), – odzysk renu z kwasów płuczających gazy pieca zawiesinowego.
tellur	<ul style="list-style-type: none"> – Produkcja telluru jest związana z pozyskiwaniem metali szlachetnych ze szlamów anodowych hutnictwa miedzi (2–8% Te) oraz w mniejszym zakresie ołowiu. Wymaga prowadzenia procesów hydrometalurgicznych oraz rafinacji surowego telluru przez destylację lub topienie strefowe.
żelazo	<ul style="list-style-type: none"> – Wzbogacanie ręczne wraz z przemywaniem rudy żelaza, – wzbogacanie przez przemywanie rud limonitowych, – przemywanie rud żelaza przed procesem wzbogacania, – wzbogacanie rud syderytowych w cieczach ciężkich, – wzbogacanie rud w cyklonach z cieczą ciężką, – wzbogacanie rud żelaza w osadzarkach, – wzbogacanie rud hematytowych na stołach koncentracyjnych,

Surowiec	Technologia
żelazo (cd.)	<ul style="list-style-type: none"> – wzbogacanie rud hematytowych we wzbogacalnikach zwojowych, – wzbogacanie flotacyjno-magnetyczne drobnowpryśniętej rudy magnetytowo-hematytowej, – wzbogacanie magnetyczne skarnowej rudy magnetytowej, – przeróbka rud magnetytowych, – przeróbka rud hematytowych, – przeróbka przez prażenie rud syderytowych, – przeróbka rud syderytowych, – przeróbka rud magnetytowo-hematytowych, – przeróbka rud magnetytowo-ilmenitowych, – przeróbka rud kompleksowych, – przeróbka rud pirytowych.
aluminium	<ul style="list-style-type: none"> – Elektrolityczna metoda otrzymywania aluminium metodą Hall-Héroulta, – przeprowadzenie boksytu w łatwo rozpuszczalny glinian sodu: <ul style="list-style-type: none"> • metodą moką Bayer’a – w tym procesie otrzymany czysty tlenek glinu przetwarza się na czysty metal w procesie Hall-Héroulta, • metodą suchą – w tym procesie tworzy się glinian sodu i tlenek żelaza(III).
boksyt	<ul style="list-style-type: none"> – Ponad 90% ilości całkowitej boksytów wydobywa się odkrywkowo, a urobek na ogół nie jest poddawany procesom wzbogacania, – w niektórych zakładach operacje przerobcze (suszenie lub prażenie boksytów w temperaturze 600°C w piecach obrotowych) polegają na kruszeniu, przesiewaniu i płukaniu urobku w celu odseparowania materiału obcego.
magnezyt	<ul style="list-style-type: none"> – Rozdrobnienie, sortowanie i klasyfikacja urobku magnezytowo-serpentyinitowego, – prażenie magnezytu.

Surowiec	Technologia
molibden	<ul style="list-style-type: none"> – Wzbogacanie rud kwarcowo-molibdenitowych, – rozdzielanie koncentratów kolektywnych molibdenitowo-scheelitowych, – wydzielanie kolektywnego koncentratu miedziowo-molibdenowego, – rozdzielanie kolektywnego koncentratu miedziowo-molibdenowego.
mangan	<ul style="list-style-type: none"> – Wzbogacanie ręczne rud manganu, – wzbogacanie rud manganu w cieczach ciężkich, – wzbogacanie rud manganu w osadzarkach, – wzbogacanie rud manganu we wzbogacalnikach magnetycznych, – wzbogacanie rud manganu metodą magnetohydrodynamiczną, – kolektywna i selektywna flotacja rud manganu, – wzbogacanie flotacyjne rud manganu o różnej zawartości manganu w nadawie, – wzbogacanie manganowych rud tlenkowo-węglanowych.
wanad	<ul style="list-style-type: none"> – Wzbogacanie grawitacyjne rud wanadu, – wzbogacanie flotacyjne rudy Pb-V, – wzbogacanie flotacyjne rud wanadu, – wydzielanie koncentratów żelazowo-wanadowych z rud tytanomagnetytowych.
cynk	<ul style="list-style-type: none"> – Wzbogacanie utlenionych rud ołowiu w cieczach ciężkich, – wzbogacanie galeny w osadzarkach, – wzbogacanie rud cynkowo-ołowiowo-miedziowych z zastosowaniem stołów koncentracyjnych, – wzbogacanie częściowo utlenionych rud ołowiu z zastosowaniem wzbogacalników zwojowych, – wydzielanie franklinitu z utlenionych rud cynku na drodze wzbogacania magnetycznego,

Surowiec	Technologia
cynk (cd.)	<ul style="list-style-type: none"> – wzbogacanie rud cynku metodą grawitacyjno-flotacyjną, – flotacja selektywna rud cynkowo-miedziowych, – flotacja kolektywno-selektywna rud cynkowo-miedziowych, – wzbogacanie uzupełniające koncentratów cynku, – flotacja selektywna rud cynkowo-ołowiowych, – flotacja kolektywna rud cynkowo-ołowiowych, – flotacja kolektywna rud miedziowo-cynkowo-ołowiowo-żelazowych, – flotacja kolektywno-selektywna rud miedziowo-cynkowo-ołowiowo-żelazowych.
nikiel	<ul style="list-style-type: none"> – Magnetyczno-flotacyjne wzbogacanie rud miedziowo-niklowych, – selektywna flotacja miedzi z rud miedziowo-niklowych, – kolektywna flotacja rud miedziowo-niklowych, – kolektywno-selektywna flotacja rud miedziowo-niklowych, – kolektywna flotacja rud miedziowo-niklowych z późniejszym rozdzieleniem na ciągi flotacji miedzi i flotacji niklu, – wzbogacanie flotacyjne kamienia niklowego.
chrom	<ul style="list-style-type: none"> – Ręczne wzbogacanie rud chromu, – wzbogacanie grawitacyjne grubowprysniętych rud chromu, – wzbogacanie grawitacyjne drobnowprysniętych rud chromu, – wzbogacanie magnetyczne rud chromu, – przeróbka rud chromu ze złóż pierwotnych, – przeróbka rud chromu ze złóż okruchowych.

3. Występowanie, produkcja i zapotrzebowanie na surowce strategiczne

Na podstawie analizy literaturowej poniżej przedstawiono informacje dotyczące źródła występowania, produkcji oraz zapotrzebowania krajowego na surowce strategiczne [1,2,5–7,9–11,16].

3.1. Ren

- *źródła występowania* – domieszka w cechsztyńskich rudach miedzi Monokliny Przedsudeckiej w okolicach Lubina, które eksploatawane są przez KGHM Polska Miedź S.A. Obecność renu stwierdzona została także w łupkach bitumicznych, węglach kamiennych i brunatnych oraz w ropie naftowej,
- *produkcja* – ren w postaci renianu(VII) amonu jest pozyskiwany przez KGHM Ecoren (spółce zależnej KGHM Polska Miedź S.A.), zgodnie z nowatorską technologią przetwarzania kwaśnego roztworu płuczkowego, wycofywanego z obiegu technologicznego HM Głogów II (200 tys. m³/rok). Wiosną 2010 r. na terenie Legnickiego Parku Technologicznego LETIA zakończono budowę instalacji do produkcji renu metalicznego (do 3,5 Mg/rok renu), co awansuje Polskę do wąskiego grona wytwórców tego metalu na świecie, czyniąc ją równocześnie jedynym producentem renu z własnych złóż w Europie,
- *zapotrzebowanie krajowe* – od 2006 r., kiedy rozpoczęto produkcję renianu(VII) amonu na skalę przemysłową według nowej technologii, jego sprzedaż zagraniczna jest prowadzona przez przedstawicielstwo KGHM Ecoren na rynku międzynarodowym-Traxys Belgium IW S.A. Do grona odbiorców należały m.in.: USA (Ultamet, Engelhard), Japonia (Sumitomo Metal Mining), Wielka Brytania (Rolls Royce, Johnson Matthey) i Austria (Plansee). Wielkość i wartość obrotów surowcami renu, w tym także na rynku krajowym, jest trudna do oszacowania ze względu na ich ujmowanie łącznie z surowcami niobu, a także utajnienie statystyk handlu nimi w ostatnich latach.

3.2. Tellur

- *źródła występowania* – w Polsce nie ma perspektyw na odkrycie złóż kopalin telluru. Niewielkie jego ilości stwierdzono w złożach rud miedzi na Monoklinie Przedśudeckiej,
- *produkcja* – nie prowadzi się odzysku telluru ze szlamów anodowych powstających po elektrorafinacji miedzi ze względu na niskie koncentracje telluru w produktach przejściowych KGHM „Polska Miedź” SA.,
- *zapotrzebowanie krajowe* – Krajowe zapotrzebowanie na tellur zaspokajane jest w całości importem zmiennych jego ilości, głównie z Belgii i innych krajów europejskich, a częściowo z Japonii, USA i Chin.

3.3. Żelazo

- *źródła występowania* – w Polsce rudy żelaza występują pomiędzy Częstochową a Zawierciem oraz w rejonie Suwałk,
- *produkcja* – w Polsce nie wydobywa się rud żelaza, ani nie produkuje ich koncentratów. Polska jest znaczącym producentem surówki żelaza. W latach 2005–2009 jej podaż była bardzo zmienna i osiągnęła maksimum 5,8 mln Mg w 2007 r., a minimum w 2009 r. na poziomie 3,1 mln Mg,
- *zapotrzebowanie krajowe* – hutnictwo żelaza w Polsce bazuje głównie na importowanych rudach i koncentratkach żelaza. W latach 2005–2009 import był bardzo zmienny (wahał się w granicach od 3,8 do 8,7 mln Mg/rok). Import surówki żelaza w latach 2005–2008 pozostawał na dość stabilnym poziomie 221–238 tys. Mg/rok, przy redukcji do 156 tys. Mg w 2009 r. Natomiast eksport, kierowany głównie do odbiorców z Unii Europejskiej, wykazywał bardzo duże wahania, pomiędzy 19 tys. Mg w 2006 r. a zaledwie 5 tys. Mg w 2005 r.

3.4. Aluminium

- *źródła występowania* – w Polsce glin występuje w niewielkich ilościach w postaci:
 - hydrargilitu $\text{Al}(\text{OH})_3$ w Nowej Rudzie,
 - hydrargilitu $\text{Al}(\text{OH})_3$ w okolicach Jordanowa na Dolnym Śląsku,
 - diasporu w Jordanowie na Dolnym Śląsku,

- nefelinu w bazaltach z Dolnego Śląska, w fonolitach z Bogatyni oraz w cieszynitach z okolic Bielska i Cieszyna,
- *produkcja* – w Polsce, w kilku dużych zakładach przetwórczych produkuje się stopy aluminium oraz wyroby z aluminium i jego stopów m.in. w Hucie Aluminium Konin (stopy odlewnicze, blachy i taśmy z aluminium i stopów aluminium, wsad na folie aluminiowe), Grupie Kęty S.A. (stopy odlewnicze, profile, rury, pręty, druty z aluminium i stopów aluminium), Nowoczesnych Produktach Aluminiowych Skawina Sp. z o.o. (walcówka, druty, stopy odlewnicze, proszki), Przedsiębiorstwie Przerobu Żłomu Nicromet (Zakłady w Bestwinie, Oświęcimiu i Skawinie produkujące ze złomów stopy odlewnicze i aluminium niestopowe), Grupie Alumetal S.A. (Zakłady w Kętach i Gorzycach produkuje się ze złomów stopy odlewnicze, stopy wstępne i aluminium niestopowe), Poland Smelting Technologies POLST Sp. z o.o. (Zakład w Wałbrzychu produkujący ze złomów stopy odlewnicze), Walcowni Metali Dziedzice S.A. (pręty i profile ze stopów aluminium) i Hucie Będzin S.A. w upadłości likwidacyjnej (taśmy, krążki, kształtki z aluminium). W 2008 r. zakończono produkcję aluminium pierwotnego z aluminu kalcynowanej w Hucie Aluminium w Koninie. Natomiast obecnie huta jest największym producentem stopów aluminium oraz wyrobów walcowanych z aluminium w Polsce,
- *zapotrzebowanie krajowe* – w 2007 r. dostawy aluminium niestopowego do Polski osiągnęły ok. 106 tys. Mg, a w latach 2008–2009 spadły do ok. 72 tys. Mg/rok. Większość dostaw pochodziła z krajów europejskich (ok. 94% importu), najwięcej z Niemiec (ok. 23%), Rosji (ok. 21%), Słowacji (ok. 20%) i Belgii (ok. 16%). Poza Europą znaczące ilości zakupiono tylko w Mozambiku. Eksport aluminium jest niewielki i nie ma dużego znaczenia w bilansie tego surowca.

3.5. Boksyt

- *źródła występowania* – w Polsce boksyty występują koło Nowej Rudy na Dolnym Śląsku. W zwiertzelinie gabrowej, pod węglonośną serią skał karbońskich spotyka się nieregularne nagromadzenia boksytów. W Lubelskim Zagłębiu Węglowym, między Parczewem a Radzynielem Podlaskim, poniżej pokładów węgla, na głębokości

ok. 1000 m, występują silnie zwietrzałe skały wulkaniczne. Wśród zwietrzliny stwierdzono skały boksytowe będące produktem jej przeobrażenia. W północnej części GZW, w okolicach Mierzęcic i Najdziszowa, w kotłach krasowych wapienia muszlowego gromadzą się glinki ogniotrwałe, wśród których występują nieprawidłowe skupienia boksytów,

- *produkcja* – w Polsce nie wydobywa się boksytów ponieważ złoża są niewielkie i nie przedstawiają wartości przemysłowej,
- *zapotrzebowanie krajowe* – całe krajowe zapotrzebowanie pokrywane jest importem, głównie boksytów surowych i kalcynowanych.

3.6. Magnezyt

- *źródła występowania* – w Polsce rozpoznanych i eksploatowanych jest 6 złóż magnezytów. Znajdują się w masywach Grochowej-Braszowice (złoża Braszowice i Grochów) i Szklar (złoża Szklary) koło Ząbkowic Śląskich oraz w masywie Gogołów-Jordanów (złoża Wiry). W wyniku wieloletniego wydobycia, wiele mniejszych złóż w masywach Grochowej-Braszowice i Sobótki zostało wyeksploatowanych,
- *produkcja* – od wielu lat firma „Magnezyty Grochów” Sp. z o.o. prowadzi wydobycie magnezytów w kopalni odkrywkowej „Konstanty” ze złoża Braszowice. Po rozdrobnieniu, sortowaniu optycznym i klasyfikacji urobku magnetyzowo-serpentyinitowego, uzyskuje się koncentrat magnezytu surowego (kruszony lub mielony) o zawartości tlenku magnezu od 43 do 45%. Koncentrat magnezytu surowego znajduje zastosowanie przy produkcji kilku gatunków magnezytu mielonego (magnezytu R40) oraz magnezytu surowego kruszonego. Ponadto w zakładzie „Magnezyty Grochów” Sp. z o.o. wytwarzane są niższej jakości magnezyty mielone R35 i R30, pozyskiwane ze skał magnezytowo-serpentyinitowych. Łączna produkcja gatunków R40, R35 i R30 w ostatnich latach wyniosła ok. 85–150 tys. Mg/rok. Od 2001 r. w zakładzie „Magnezyty Grochów” Sp. z o.o. rozpoczęto produkcję aktywnego (kalcynowanego) tlenku zawierającego 70–86% tlenku magnezu, którego produkcja nie przekraczała 50 Mg/rok,
- *zapotrzebowanie krajowe* – w Polsce obroty **magnezytem surowym** wynoszą ok. 2 tys. Mg/rok. Importowany magnezyt surowy pochodzi

głównie ze Słowacji. Do 2005 r. i ponownie od 2008 r. prowadzono niewielki eksport magnezytu surowego do Czech i Niemiec. Największe znaczenie gospodarcze ma import **magnezytów prażonych**.

3.7. Molibden

- *źródła występowania* – w Polsce, zasoby molibdenu występują w złożach rud Cu Monokliny Przedsudeckiej, a także w złożach węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. W 2008 r. rozpoznano złożę rud Mo z W i Cu typu porfirowego Myszków (550,8 mln Mg), którego zasoby molibdenu wynoszą 295 tys. Mg,
- *produkcja* – w 2009 r. w kopalni KGHM „Polska Miedź” wydobyto urobek zawierający 1380 Mg molibdenu. W procesie wzbogacania rud miedzi do koncentratu miedziowego przechodzi ok. 44% molibdenu, natomiast podczas przerobu hutniczego ww. rud, molibden koncentruje się w odpadach,
- *zapotrzebowanie krajowe* – w Polsce, zapotrzebowanie na surowce molibdenu pokrywane jest importem koncentratów molibdenitowych, tlenków i proszku molibdenu oraz molibdenu metalicznego głównie z Chin i z krajów Europy Zachodniej. Do Polski sprowadzane są również duże ilości żelazomolibdenu, który stanowi najważniejszy surowiec molibdenu. Wielkość importu żelazomolibdenu waha się w granicach 750–1550 Mg/rok. Głównym dostawcą żelazomolibdenu są: Rosja, Belgia, Armenia.

3.8. Mangan

- *źródła występowania* – w Polsce nie rozpoznano złóż rud manganu i brak jest perspektyw na ich odkrycie. Natomiast czernie manganowe występują w okolicach Pińczowa i Starachowic w postaci lokalnych skupień gniazdowych, stosowanych w przemyśle szklarskim i chemicznym,
- *produkcja* – w Polsce od 1999 r. prowadzono produkcję żelazomanganianu na bazie importowanych rud i koncentratów manganu w Hucie „Pokój” S.A. w Rudzie Śląskiej. W 2001 r. firma STALMAG Sp. z o.o. w Rudzie Śląskiej przejęła produkcję żelazomanganu wielkopiecowego,

- *zapotrzebowanie krajowe* – w Polsce, zapotrzebowanie na surowce manganu pokrywane jest importem rud i koncentratów manganu głównie z Brazylii, Ukrainy, RPA, Francji i Szwajcarii.

3.9. Wanad

- *źródła występowania* – w Polsce odnotowano obecność wanadu (0,4% V_2O_5) w złożach rud żelaza w rejonie Suwałk, w dolnośląskich łupkach miedzionośnych (0,035% V_2O_5), w bitumicznych łupkach ordowickich w północno-wschodniej Polsce (0,15% V_2O_5). Zawartość wanadu (0,01–0,03%) odnotowano w złożach rud miedzi na Monoklinie Przedsudeckiej w ilości ok. 140 tys. Mg. Ponadto, wanad w stanie mocno rozproszonym, występuje w węglach kamiennych na Górnym Śląsku,
- *produkcja* – w Polsce wanad nie jest pozyskiwany z żadnych potencjalnych źródeł,
- *zapotrzebowanie krajowe* – w Polsce zapotrzebowanie na surowce wanadu pokrywane jest głównie importem.

3.10. Cynk

- *źródła występowania* – cynk pozyskiwany jest głównie z rud złóż polimetalicznych, a w mniejszym stopniu z rud węglanowych i krzemianowych. Rudy węglanowe i krzemianowe tworzą samodzielne złoża rud cynku lub cynkowo-ołowiowych. Pierwotnym źródłem cynku w Polsce są złoża rud siarczkowych cynkowo-ołowiowych w rejonie Zagłębia Śląsko-Krakowskiego oraz złoża rud miedzi na Monoklinie Przedsudeckiej. Występowanie rud cynkowych, zawierających cynk, ołów, srebro oraz kadm, odnotowano w rejonie Olkusza,
- *produkcja* – w zakładzie Bolesław Recycling (spółka należąca do Grupy Kapitałowej ZGH Bolesław) pozyskiwany jest tlenkowy koncentrat cynkowy z odpadów cynkonośnych (przeważnie ze szlamów z elektrolizy cynku). Wykorzystywany jest on do produkcji cynku metalicznego metodą ISP (Imperial Smelting Process) w Hucie Cynku Miasteczko Śląskie,

- *zapotrzebowanie krajowe* – w Polsce zapotrzebowanie na surowce cynku, w tym cynk metaliczny, oraz jego wyrobów pokrywane jest przez producentów krajowych. Natomiast zapotrzebowanie na stopy cynku, tlenek cynku, cynk rafinowany oraz złom i odpady cynku zaspokajane było importem.

3.11. Nikiel

- *źródła występowania* – nikiel pozyskiwany jest głównie z rud krzemianowych (Dolny Śląsk) i laterytowych w formie żelazoniklu i tlenku niklu. Natomiast z rud siarczkowych niklowo-miedziowych pozyskiwany jest w postaci koncentratów rud niklu. Rudy krzemianowe niklu tworzą samodzielne złoża Szklary, którego eksploatacja zakończyła się w 1983 r. Zasoby tego złoża wynosiły 117 tys. Mg niklu. Ponadto rudy krzemianowe niklu są kopaliną, która towarzyszy magnezytowi w złożu Grochów. Pierwotnym źródłem niklu w Polsce są złoża rud miedzi na Monoklinie Przedsudeckiej,
- *produkcja* – w Polsce surowce niklu produkowane są w Hucie Miedzi Głogów oraz Hucie Miedzi Legnica należących do spółki KGHM Polska Miedź S.A. Produktami handlowymi są głównie: spieki tlenku niklu oraz inne produkty pośrednie hutnictwa niklu, nikiel niestopowy, stopy niklu, siarczan(VI) i chlorek niklu oraz odpady i złom niklu,
- *zapotrzebowanie krajowe* – w Polsce zapotrzebowanie na większość surowców niklu pokrywane jest importem. Do 2008 r. głównym dostawcą niklu metalicznego była: Rosja, Holandia, Niemcy, Ukraina i Wielka Brytania. Dostawcami surowców niklu, tj. stopy i proszek niklu oraz siarczan(VI) i chlorki niklu były: Niemcy, Austria, Finlandia, Francja i Włochy. W latach 2007–2008 odnotowano wzrost importu do Polski odpadów i złomu niklu, które sprowadzane były głównie z Niemiec. W latach 2005–2009 eksport siarczanu(VI) niklu, produkowanego w KGHM Polska Miedź S.A. odbywał się głównie do Czech i Niemiec, natomiast w 2009 r. siarczan(VI) niklu w dużej ilości trafił do Finlandii.

3.12. Chrom

- *źródła występowania* – w Polsce nie rozpoznano złóż chromitów (jedyne pierwotne źródło chromu) oraz brak jest perspektyw na ich odkrycie,
- *produkcja* – w związku z brakiem złóż chromitów w Polsce, nie odnotowano także krajowej produkcji. W Hucie Łaziska S.A. do końca 1998 r. produkowano żelazochrom na bazie chromitów metalurgicznych,
- *zapotrzebowanie krajowe* – w Polsce, zapotrzebowanie na chromity, pokrywane jest w całości importem z RPA, Pakistanu, Czech, Turcji i Kazachstanu.

4. Podsumowanie i wnioski

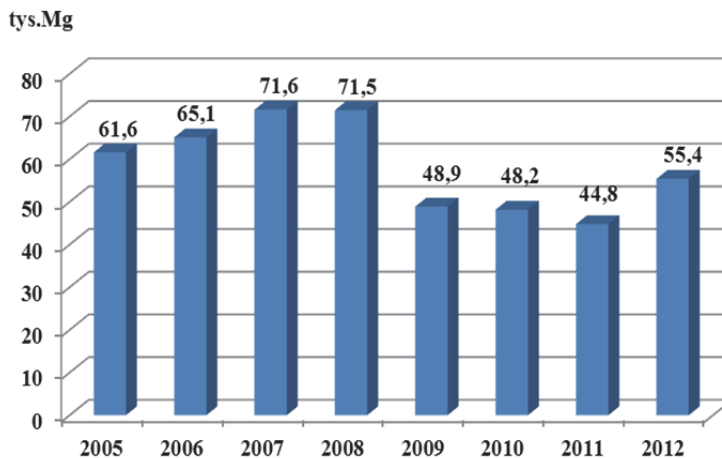
Możliwości pozyskania surowców mineralnych zaliczanych do strategicznych są w Polsce niewielkie ze względu m. in. na brak złóż o znaczeniu gospodarczym, brak perspektyw na odkrycie złóż takich surowców lub współwystępowanie surowców z innymi metalami [1].

Przykładowo, w Polsce nie ma perspektyw na odkrycie złóż kopalin telluru chociaż niewielkie jego ilości stwierdzono w złożach rud miedzi na Monoklinie Przedsudeckiej. Udział źródeł wtórnych w łącznej podaży telluru jest też znikomy. Pomimo, że żelazo jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych pierwiastków w skorupie ziemskiej, w Polsce brak jest złóż rud żelaza o znaczeniu gospodarczym, jak i perspektyw na ich odkrycie. W Polsce nie wydobywa się także boksytów ponieważ jego złoża, które znajdują się na Dolnym Śląsku oraz Lubelskim Zagłębiu Węglowym, są niewielkie i nie przedstawiają wartości przemysłowej. Samodzielne złoża rud wanadu są małe i na ogół już wyeksploatowane. Obecnie w Polsce wanad nie jest pozyskiwany z żadnych potencjalnych źródeł. W Polsce nie rozpoznano złóż chromitów, które są jedynymi pierwotnymi źródłami chromu, nie ma też perspektyw na ich odkrycie. W związku z brakiem złóż chromitów w Polsce, nie odnotowano także krajowej produkcji. Pozostałe surowce strategiczne współwystępują z innymi metalami, np. występowanie renu związane jest z obecnością molibdenu, związki manganu stanowią zanieczyszczenie rud żelaza, cynk współwystępuje z miedzią, a złoża rud cynkowych przeważnie występują z rudami ołowiu, nikiel występuje w ilościach śladowych w rudach mie-

dzi, zwłaszcza w łupkach miedzionośnych. Natomiast glin występuje w niewielkich ilościach w bazaltach, fonolitach a także w cieszynitach, a molibden w wytworach magmowych [1].

W 2012 r. odnotowano wzrost zapotrzebowania dla: boksytów i magnezytu, manganu, molibdenu, rud cynku oraz rud i koncentratów żelaza, a także żelazostopów. Zapotrzebowanie na te surowce wyrażono wielkością zużycia rzeczywistego lub pozornego w porównaniu do wielkości z lat 2008–2011. I tak, np.: dla boksytów zapotrzebowanie w Polsce wynosi +53%, a dla magnezytu +10%, dla koncentratów rud cynku +40%, a dla cynku +3%. Zapotrzebowanie na rudy i koncentraty manganu wynosi +33%, a na mangan +73%. Zapotrzebowanie na molibden oszacowano na poziomie +200%. Zapotrzebowanie na stopy żelaza waha się od -11% (żelazokrzemomangan) do +128 (żelazowanad) [1].

Całe krajowe zapotrzebowanie boksytów surowych i kalcynowanych pokrywane jest głównie importem. Po trzyletnim okresie wzrostu importu do wielkości 71,5 tys. Mg w latach 2008–2009 r. nastąpiło jego zmniejszenie o ok. 30% (rysunek 1). Najbardziej ograniczono dostawy boksytów kalcynowanych z Chin, a w mniejszym stopniu boksytów surowych z Grecji. Niewielkie ilości boksytów są przedmiotem reeksportu.



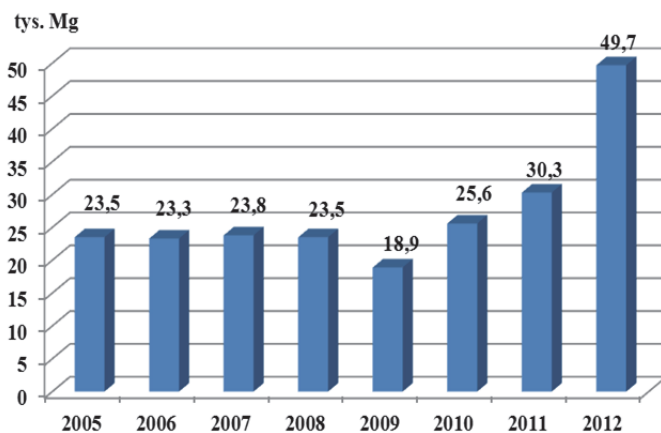
Rys. 1. Struktura importu boksytów w latach 2005–2012

Fig. 1. Structure of imports of bauxite in the years 2005–2012

Importowany magnezyt surowy pochodzi głównie ze Słowacji. W ostatnich latach import wzrósł do 4,8–6,0 tys. Mg/rok. Głównie importuje się magnezyty prażone, kalcynowane i topione oraz magnezje prażone, kalcynowane i topione otrzymywane z wody morskiej lub solanek. Największe znaczenie gospodarcze ma import magnezytów prażonych, który w ostatnim czasie wahał się w przedziale 68–108 tys. Mg. Dostawcami magnezytów prażonych są głównie Chiny, Brazylia i Słowacja. Import syntetycznej magnezji prażonej z Holandii i Irlandii został ograniczony do ok. 2–6 tys. Mg/rok. Import magnezytów i magnezji topionych z Chin, Australii i Izraela wynosi ok. 5–6 tys. Mg/rok. Dostawcami magnezytów i magnezji kalcynowanych są głównie: Francja, Niemcy i inne kraje Europy Zachodniej i Południowej w ilości ok. 5–7 tys. Mg/rok.

W Polsce, zapotrzebowanie na surowce cynku, w tym cynk metaliczny, oraz jego wyrobów pokrywane jest przez producentów krajowych. Natomiast zapotrzebowanie na stopy cynku, tlenek cynku, cynk rafinowany oraz złom i odpady cynku zaspokajane jest importem.

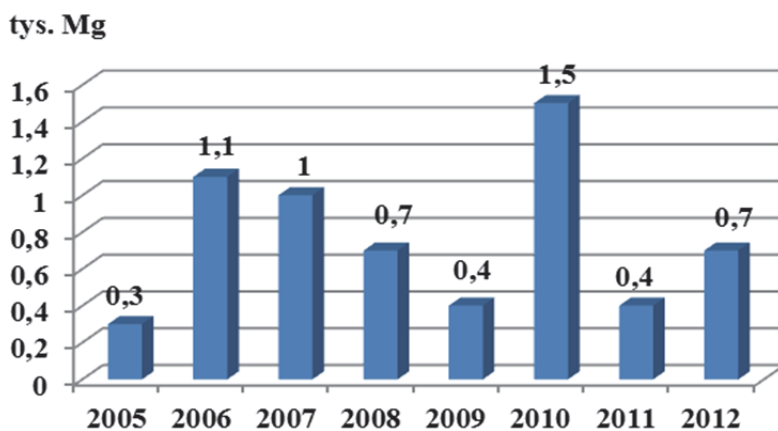
Import wybranymi surowcami cynku, tj. tlenek cynkowy, stopy cynku, odpady i złom cynku i pył cynkowy w Polsce przedstawiono na łącznie na rysunku 2. Od 2010 r. nastąpił wzrost importu tych surowców, osiągając w 2012 r. wartość prawie 50 tys. Mg.



Rys. 2. Struktura importu wybranych surowców cynku łącznie w latach 2002–2012

Fig. 2. Structure of imports of selected raw zinc in the years 2005–2012

W Polsce, zapotrzebowanie na surowce manganu pokrywane jest importem rud i koncentratów manganu głównie z Brazylii, Ukrainy, RPA, Francji i Szwajcarii. W latach 2005–2012 import ten charakteryzował się dużą zmiennością i wzrostem w latach 2007–2008, po czym w latach 2009–2012 wyraźnie spadł i ustabilizował się na niskim poziomie 2,3–4,2 tys. Mg/rok. Zapotrzebowanie na mangan metaliczny oraz tlenek manganu(IV) pokrywane jest importem z Chin, RPA, Niemiec i Holandii. Obserwuje się wyjątkową zmienność wielkości importu manganu, co przedstawiono na rysunku 3. W 2010 r. osiągnięto wartość importu na poziomie 1,5 tys. Mg, a w latach wcześniejszych i późniejszych wartości importu wahały się w granicach od 0,3–1,1 tys. Mg.



Rys. 3. Struktura importu manganu w latach 2005–2012

Fig. 3. Structure of imports of manganese in the years 2005–2012

W latach 2005–2007 odnotowano wzrost importu tlenku manganu(IV), który osiągnął wartość 3,1 tys. Mg w 2007 r., natomiast w latach 2008–2009 import malał i w 2009 r. osiągnął wartość 1,5 tys. Mg.

Głównym dostawcą manganianu(VII) potasu były Chiny oraz Hiszpania, Indie, Czechy, Holandia i Niemcy. Wartość importu manganianu(VII) potasu wahała się w granicach 0,3–0,5 tys. Mg w latach 2005–2012.

W Polsce, zapotrzebowanie na surowce wanadu pokrywane jest głównie importem. Żelazowanad jest sprowadzany z Rosji, RPA, Czech,

Chin oraz z krajów Europy zachodniej w ilości 240–480 Mg/rok. Głównym dostawcą tlenku wanadu są Niemcy i Holandia.

Hutnictwo żelaza w Polsce bazuje głównie na importowanych rudach i koncentratkach żelaza. W latach 2005–2012 import był bardzo zmienny i wahał się w granicach od 3,8 do 7,8 mln Mg/rok. Import pierwotnymi surowcami żelaza w latach 2005–2008 kształtował się na poziomie 6789–8576 tys. Mg, w 2009 r. nastąpił gwałtowny spadek importu do poziomu 3792 tys. Mg, po czym w latach 2010–2012 wzrósł do 6576 tys. Mg. Importowane rudy i koncentraty żelaza pochodziły głównie z Ukrainy, Rosji, Brazylii w ostatnich latach także z Bośni i Hercegowiny, Kanady i Słowacji.

W 2012 r. zanotowano natomiast spadek zapotrzebowania na następujące surowce: aluminium (-10%), chrom (-32%), chromity (-13%), nikiel (-15%), niob (-100%) i tellur (-8%) [1].

Większość dostaw aluminium pochodziła z Rosji, Islandii, Niemiec, i Belgii Poza Europą znaczące ilości zakupiono w USA, RPA i Mozambiku.

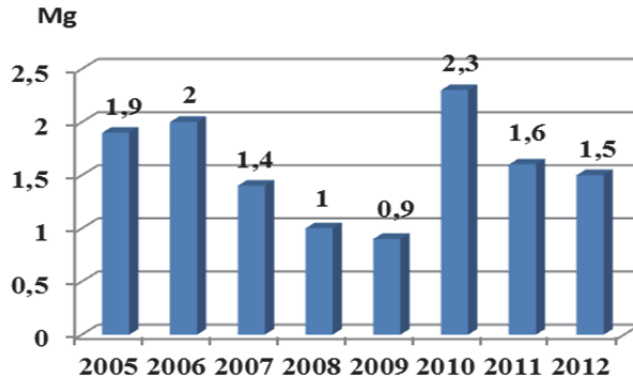
Wielkość i wartość obrotów surowcami renu jest trudna do oszacowania ze względu na ich ujmowanie łącznie z surowcami niobu, a także utajnienie statystyk handlu nimi w ostatnich latach.

W Polsce, zapotrzebowanie na chromity, pokrywane jest w całości importem z RPA, Pakistanu, Czech, Turcji i Kazachstanu. Wielkość importowanych chromitów do Polski w latach 2008–2012 wykazywała tendencję wzrostową, ze znacznym spadkiem w 2009 r. i wahała się w granicach 27–38 tys. Mg/rok. Oprócz chromitów do Polski importuje się także żelazochrom w ilościach 6–14 tys. Mg/rok oraz chrom metaliczny w ilościach 10–140 tys. Mg/rok

Zapotrzebowanie na większość surowców niklu w Polsce jest pokrywana importem. Głównymi dostawcami niklu metalicznego jest Rosja, Holandia, Niemcy, Ukraina i Wielka Brytania. Wielkość importu metalicznego niklu w latach 2005–2008 miała tendencję wzrostową (1,5–3,1 tys. Mg), po czym nastąpił spadek importu w latach 2009 i 2010, a potem wzrost do poziomu 2,8 tys. Mg w 2012 r.

Krajowe zapotrzebowanie na tellur zaspokajane jest w całości importem zmiennych jego ilości, głównie z Belgii, Holandii i Niemiec i innych krajów europejskich, a częściowo z Japonii, USA i Chin.

Zmienny charakter importu telluru pokazano na rysunku 4.



Rys. 4. Struktura importu telluru w latach 2005–2012

Fig. 4. Structure of imports of tellurium in the years 2005–2012

Z powyższych rozważań można wyciągnąć wniosek, że zapotrzebowanie na surowce strategiczne jest pokrywane głównie importem. Na przestrzeni analizowanego okresu czasowego, w latach 2005–2012, import tych surowców jest zmienny (np. mangan metaliczny, metaliczny nikiel, boksyty tellur i in.), a w niektórych przypadkach obserwuje się tendencję wzrostową, jak jest np. dla surowców cynku.

Literatura

1. *Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i świata 2012* (red. T. Smakowski, R. Ney, K. Galos). Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2014.
2. *Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce*. Praca zbiorowa pod redakcją M. Szuflickiego, A. Malon, M. Tymińskiego. Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2013.
3. **Blaschke W., Blaschke Z.:** *Przeróbka mechaniczna, w Surowce Mineralne Świata* (red. A. Bolewski). Tom Al-Be-Li-Mg, Tom Ba-B-F-Sr, Tom Ni-Co, Tom Mo-W-Re-Sc, Wyd. Geologiczne, Warszawa, (1976,1978, 1984,1985).
4. **Blaschke W., Witkowska-Kita B., Biel K.:** *Analiza możliwości pozyskiwania krytycznych surowców mineralnych*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 17 (2015).
5. **Bolewski A., Manecki A.:** *Mineralogia opisowa*. Skrypt uczelniany Nr 932, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 1984.

6. **Chodyncka L., Zawisłak L.:** *Mineralogia i petrografia kopalin metalicznych i chemicznych*. Skrypt uczelniany Nr 1356, Politechnika Śląska, Gliwice 1987.
7. **Ciba J.:** *Mała Encyklopedia pierwiastków*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996.
8. *Critical raw materials for the EU – Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials*. EU Commission Enterprise and Industry (2010).
9. **Gruszczyk H.:** *Nauka o złożach*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1984.
10. **Kabata-Pendias A.:** *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 1993.
11. **Kijewski P., Wirth H.:** *Ren – występowanie w złożu rud miedzi, produkcja i jej perspektywy*. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Nr 81, 103–115 (2011).
12. *Mała encyklopedia technologii przeróbki kopalin*. Inżynieria Mineralna, pod red.: Blaschke W., Blaschke Z. Tom 20–22. Wydawnictwo PTPK, Kraków 2011.
13. **Radwanek-Bąk B.:** *Zasoby kopalin Polski w aspekcie oceny surowców krytycznych Unii Europejskiej*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi (Mineral Resources Management), Zeszyt 1, Tom 27, 5–19 2011.
14. **Smakowski T.:** *Surowce mineralne – krytyczne czy deficytowe dla gospodarki UE i Polski*. Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, Nr 81, 59–68 (2011).
15. *Surowce mineralne Polski, Surowce metaliczne – cynk, ołów*. Praca zbiorowa pod redakcją R. Neya, Wydawnictwo Centrum PPGSMiE PAN, Kraków, r. 1, 2 i 3, (1997).
16. *Surowce mineralne Polski, Surowce skalne – surowce węglanowe*. Praca zbiorowa pod redakcją R. Neya, Wydawnictwo Instytutu GSMiE PAN, Kraków, r. 9, (2000).

Analysis of Potential Obtaining of Strategic Minerals

Abstract

In 2008 Committee on Critical Mineral Impacts of the U.S. Economy, presented a definition of strategic raw materials, which was also adopted by the countries of the European Union.

A group of strategic raw materials includes 12 minerals/materials with a very critical economic importance and specific conditions related to the criticality and risk of shortage of supply. The risk of the shortage of supply is main-

ly due to a limited number of sources of origin. These are: rhenium, tellurium, iron, aluminum, bauxite, magnesite, molybdenum, manganese, vanadium, zinc, nickel and chromium. The attention is put on the raw materials used in large quantities in the key industries (iron, aluminum) and the strategic raw materials which include among others: traditional ingredients of alloy steel (vanadium, chromium, manganese, molybdenum). The above list of 12 strategic raw materials is a proposal, which can be modified as a result of the reduction of strategic raw materials resources in European countries. The strategic raw materials are found in temperate locations in the world and have few substitutes.

The analysis of the literature on identified technologies has showed that the most recognizable way to enrich the specific raw materials is by processing their ores, which are the carriers of many metals.

The ore is processed to improve their chemical composition, to standardize their chemical and physico-chemical properties, to ensure the appropriate sizes of the ore pieces.

Since the mined ores are mostly not suitable for direct processing, an important process is multi-enrichment. The enrichment of ores can be divided into: mechanical and chemical enrichment.

The process of ore processing was applied to the following materials: rhenium, iron, molybdenum, manganese, vanadium, zinc, nickel and chromium.

A comprehensive assessment of mineral potential of the European Union countries and the so-called identification of strategic raw materials a priority of the EU raw materials policy.

Słowa kluczowe:

surowce strategiczne, raport Komitetu UE, technologie pozyskiwania, produkcja, zapotrzebowanie

Keywords:

strategic raw materials, the report of the Committee of the EU, technology acquisition, production, demand