Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39

Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

Hanna Spasowska-Czarny
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
ORCID: 0000-0003-4000-5837
hanna.spasowska@poczta.umcs.lublin.pl

Środowiskowe i prawne uwarunkowania pozyskiwania pierwiastków ziem rzadkich

STRESZCZENIE

Do wydajnego funkcjonowania i rozwoju każdej gospodarki niezbędne są surowce należące do czterech głównych grup. Są to surowce energetyczne, surowce organiczne, woda i surowce mineralne. Surowce nieenergetyczne (w tym tzw. surowce krytyczne) cechują się ograniczoną bazą surowcową i znacznym rozproszeniem minerałów oraz bardzo ograniczonymi możliwościami substytucji. Do tych surowców zaliczane są pierwiastki ziem rzadkich, które wyznaczają kierunki nowoczesnego, dynamicznego rozwoju różnych gałęzi przemysłu. Wraz z rozwojem nowoczesnych technologii wzrosło zapotrzebowanie na komponenty niezbędne do ich rozwijania i wytwarzania. Bardzo obiecujące jest wykorzystanie metali ziem rzadkich w technologiach związanych z rozwojem gospodarki niskoemisyjnej, zwłaszcza w turbinach wiatrowych i samochodach hybrydowych.

Słowa kluczowe: metale ziem rzadkich; surowce krytyczne; odzysk; recykling; gospodarka niskoemisyjna; technologia energooszczędna

WPROWADZENIE

Do wydajnego funkcjonowania i rozwoju każdej gospodarki niezbędne są surowce należące do czterech głównych grup. Są to surowce energetyczne, surowce organiczne, woda i surowce mineralne[1]. O tym, ile dana gospodarka zużywa surowców z każdej z tych grup, decydują trzy główne czynniki: zastosowanie surowca, wielkość populacji oraz poziom życia świadczący o tym, jak duża jest indywidualna konsumpcja. Jest więc oczywiste, że wzrost populacji i poziomu życia to główne czynniki wywołujące wzrost zapotrzebowania na surowce. Stał się on problemem, przed którym stoi obecnie gospodarka światowa.

Kontrola nad zasobami surowców zwiększa możliwości oddziaływania na globalną gospodarkę i jest źródłem ogromnych zysków. Wraz z rozwojem nowoczesnych technologii zwiększyło się zapotrzebowanie na komponenty niezbędne do ich rozwijania i wytwarzania. Dotyczy to przede wszystkim szczególnej grupy pierwiastków określanych jako metale ziem rzadkich, które zyskały status surowców mineralnych o znaczeniu strategicznym[2]. Mają one unikatowe właściwości chemiczne i fizyczne (sprawia to zbliżona budowa ich zewnętrznych powłok elektronowych i promieni jonowych), są odporne na wysokie temperatury, mają

[1] S. Zieliński, *Surowce mineralne*, „Chemik" 2014, nr 5, s. 429.
[2] Z inicjatywy Komisji Europejskiej została powołana specjalna grupa robocza, której zadaniem było wskazanie surowców o znaczeniu krytycznym dla UE. W opublikowanym w 2010 r. raporcie znalazły się: antymon, beryl, kobalt, fluoryt, german, grafit, ind, magnez, niob, platynowce, metale ziem rzadkich, tantal i wolfram. Zob. *Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials*, European Commission, Brussels, July 2010, s. 36. Za krytyczne dla gospodarki UE pierwiastki ziem rzadkich uznało także Centrum Badań Strategicznych w Hadze (Hague Center of Strategic Studies – HCSS and TNO). Zob. J. Kooroshy, R. Korteweg, M. de Ridder, *Rare earth elements and strategic mineral policy*, Report No. 2010/02, The Hague 2010. Pojęcie „surowce krytyczne" kwestionują jednakże E. Sermet i J. Auguścik (*Krytycznie o pojęciu surowców krytycznych i nie tylko*, „Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk" 2015, nr 91, s. 171–177), proponują termin „surowce deficytowe".

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39
Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

szczególne właściwości magnetyczne i fosforyzujące, a w połączeniu z innymi pierwiastkami tworzą związki o właściwościach, których nie można uzyskać w inny sposób[3]. Zapewnienie dostępu do metali ziem rzadkich jest kwestią o fundamentalnym znaczeniu dla podnoszenia i utrzymywania przewagi konkurencyjnej na arenie międzynarodowej.

POJĘCIE ORAZ ZNACZENIE PIERWIASTKÓW ZIEM RZADKICH

Pierwiastki ziem rzadkich to grupa 15 lantanowców (lantan, cer, prazeodym, neodym, promet, samar, europ, gadolin, terb, dysproz, holm, erb, tul, iterb, lutet) oraz skand i itr. Od czasu ich odkrycia w 1787 r. przez C.A. Arrheniusa w kamieniołomie Ytterby na jednej z wysp archipelagu sztokholmskiego cieszą się dużym zainteresowaniem naukowców i badaczy poszukujących kolejnych metod ich wykorzystania do celów komercyjnych i militarnych[4].

Pierwiastki znalazły zastosowanie ponad sto lat po ich zidentyfikowaniu. Mimo stosunkowo niewielkiego wolumenu zapotrzebowania (135–140 tys. ton rocznie wobec 13–14 mln ton w przypadku cynku i miedzi) są one nieodzowne do produkcji zaawansowanych technologicznie produktów sektora energetycznego, zbrojeniowego, motoryzacyjnego czy telekomunikacyjnego[5]. Ich wykorzystanie pozwoliło na rozwój technologii produkcji ekranów, telewizorów, smartfonów, kuchenek mikrofalowych, piekarników pokrytych samoczyszczącą się powłoką, laserów, filtrów UV, ogniw paliwowych czy samochodów hybrydowych; stosowane są także w lotnictwie i kosmonautyce. Itr, erb, terb i iterb wykorzystuje się odpowiednio w świecach zapłonowych, filtrach fotograficznych i kuchenkach mikrofalowych, energooszczędnych żarówkach oraz radiografii i produkcji stali nierdzewnej. Dzięki europowi możliwe stało się wzmocnienie koloru czerwonego w telewizorach, skand wykorzystuje się w lampach błyskowych, lutet – w tomografii komputerowej, lantan – do produkcji klisz rentgenowskich, dysproz znajdziemy w twardych dyskach komputerów, a dysproz i neodym – w samochodach hybrydowych. Ponadto neodym ma bardzo silne własności magnetyczne i służy do produkcji generatorów prądu w elektrowniach wiatrowych[6]. Gadolin, samar, erb i holm wykorzystuje się do budowy różnych elementów reaktorów nuklearnych i sterowników prętów paliwa nuklearnego, a promet – w konstrukcji akumulatorów nuklearnych. Dla celów militarnych wskazane pierwiastki wykorzystuje się m.in w produkcji noktowizorów, pocisków manewrujących i elementów uzbrojenia[7]. Odpowiednie właściwości magnetyczne, luminescencyjne i elektrochemiczne wymienionych metali pozwalają nie tylko

[3] O niezastępowalności pierwiastków ziem rzadkich wypowiedział się m.in. prof. dr hab. Tadeusz Łukasiewicz z Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie. Zob. K. Kapiszewski, *Lantanowce niczym ropa*, „Przegląd" 2011, nr 2, www.tygodnikprzeglad.pl/lantanowce-niczym-ropa [dostęp: 20.03.2019].

[4] R. Tomański, *Bez lantanowców nie ma nowoczesnej technologii*, www.komputerswiat.pl/aktualnosci/bez-lantanowcow-nie-ma-nowoczesnej-technologii/vplecne [dostęp: 20.03.2019]. Więcej na ten temat: M. Burchard-Dziubińska, *Strategiczna rola metali ziem rzadkich w gospodarce opartej na wiedzy*, „Gospodarka w Praktyce i Teorii" 2014, nr 1(34), s. 22; A. Paulo, M. Krzak, *Metale rzadkie*, Kraków 2015, s. 186 i n.

[5] B. Wiśniewski, *Rosnące znaczenie metali ziem rzadkich*, „Biuletyn PISM" 2013, nr 46, s. 1.

[6] Na przykład akumulator w Toyocie Prius zawiera ponad 10 kg lantanu, a magnes w dużej turbinie wiatrowej jest zbudowany z co najmniej 260 kg neodymu. Zob. *Ukryte (chińskie) składniki (niemal) wszystkiego*, www.national-geographic.pl/ludzie/ukryte-chinskie-skladniki-niemal-wszystkiego [dostęp: 20.03.2019]. Więcej na temat wykorzystania metali ziem rzadkich zob. np. K. Podbiera-Matysik, K. Gorazda, Z. Wzorek, *Kierunki zastosowania i pozyskiwania metali ziem rzadkich*, „Chemia. Czasopismo techniczne" 2012, z. 16, s. 147–156.

[7] Zob. np. A. Jarosiński, L. Madejska, *Wybrane zagadnienia otrzymywania miszmetalu i innych metali ziem rzadkich*, „Inżynieria Mineralna" 2016 (styczeń–czerwiec), s. 249–250.

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39
Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

zredukować ciężar urządzeń bądź ich elementów, lecz także zwiększyć ich wydajność, wytrzymałość, prędkość i stabilność termiczną.

Powszechnie przyjęta i stosowana nazwa jest myląca, ponieważ metale ziem rzadkich nie występują na Ziemi rzadko. W niskich stężeniach odnaleźć je można w zasadzie wszędzie, w niemal każdej większej formacji skalnej, ale duży problem stanowi ich rozproszenie. Zazwyczaj stanowią część składową tlenków i węglanów (głównie krzemianów i fosforanów), dlatego przez tak długi okres ich obecność w przyrodzie nie została odnotowana. Niektóre są równie powszechne jak metale podstawowe (np. nikiel) czy metale szlachetne (takie jak złoto)[8]. Lantanu, odkrytego w 1893 r., występuje na Ziemi więcej niż srebra czy ołowiu[9]. Problemem jest znalezienie złóż na tyle skupionych, aby ich eksploatacja była opłacalna[10].

Od drugiej połowy XIX w. do lat 80. XX w. metale ziem rzadkich wydobywano głównie w Dolinie Mountain w Kalifornii w Stanach Zjednoczonych. Od 1998 r. ponad 80% produkcji metali ziem rzadkich pochodzi z Chin. Obecnie to właśnie Chiny, dysponujące 23% zasobów światowych, dostarczają 93% światowego zapotrzebowania na wymienione surowce. Największe złoże Bayan Obo znajduje się na terytorium Mongolii Wewnętrznej, należącej do Chin[11].

Kluczową przyczyną dysproporcji między zapotrzebowaniem a dostępnością pierwiastków ziem rzadkich jest specyfika złóż. Istnieje niewiele złóż o koncentracji na tyle wysokiej, by wydobycie było opłacalne[12]. Obecnie nie są jeszcze dostępne technologie wydobywania na skalę przemysłową pierwiastków występujących w stanie rozproszonym; ich wydobywanie jest możliwe tylko wtedy, gdy występują jako minerały, a więc wysoko skoncentrowane skupiska wielu pierwiastków uformowanych w naturalnych procesach geologicznych w najwyżej położonych warstwach planety, w skorupie ziemskiej. Wyłącznie minerały występujące w skorupie ziemskiej mogą być zlokalizowane i wydobywane mechanicznie[13]. Metale ziem rzadkich występują w rudach łącznie i trudno je odseparować. Dodatkowo przy eksploatacji konieczna jest ekstrakcja radioaktywnych pierwiastków promieniotwórczych (m.in. uranu, toru, radu), co stwarza dodatkowe zagrożenie[14].

W Polsce występują minerały rzadkich pierwiastków, ale ich zawartość jest niewielka i nie mają znaczenia gospodarczego. Znajdują się one w rejonie Szklarskiej Poręby, średnia zawartość tych pierwiastków wynosi 0,28% Ln2O3, natomiast zasoby ocenia się na około

[8] J. Blas, *Rosną obawy o skąpe zasoby metali przejściowych i metali ziem rzadkich*, http://forsal.pl/artykuly/395923,rosna_obawy_o_skape_zasoby_metali_przejsciowych_i_metali_ziem_rzadkich.html [dostęp: 15.11.2019]. Zob. także: W. Brzyska, *Lantanowce i aktynowce*, Warszawa 1996, s. 10.
[9] Do osobnej grupy – lantanowców – zaliczył pierwiastki V. Goldsmith, norweski mineralog, około 1925 r. Zob. R. Tomański, *op. cit.*
[10] A. Klupa, *Cenniejsze niż złoto. Metale ziem rzadkich w światowej strategii gospodarczej*, „Przegląd Strategiczny" 2012, nr 1, DOI: https://doi.org/10.14746/ps.2012.1.15, s. 240. Podobnie: J. Całus-Moszko, B. Białecka, *Potencjał i zasoby metali ziem rzadkich w świecie oraz w Polsce*, „Prace Naukowe GIG – Górnictwo i Środowisko" 2012, nr 4, s. 61; K. Chyla, *Strategiczny charakter pierwiastków ziem rzadkich*, „Pisma Humanistyczne" 2014, nr 12, s. 276.
[11] J. Całus-Moszko, B. Białecka, *op. cit.*, s. 62–63.
[12] K. Chyla, *op. cit.*, s. 282.
[13] S. Zieliński, *op. cit.*, s. 430.
[14] K. Chyla, *op. cit.*, s. 282.

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39
Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

65 tys. Mg[15]. Zawierają one monacyt, ksenotym, apatyt i cyrkon. Również kopaliny z rejonu Bogatyni mają znaczenie tylko mineralogiczne. Badania geologiczne potwierdzają, że kopaliny metali ziem rzadkich na Dolnym Śląsku nie mają charakteru złożowego, a ich precyzyjna ocena wymaga dalszych badań[16]. W piaskach plaż Morza Bałtyckiego oraz w rejonie Tajno w pobliżu Białegostoku pierwiastki ziem rzadkich występują w postaci karbonatytów na znacznych głębokościach[17]. Ponadto występują one w krajowych fosforytach, ubogich zarówno w fosfor, jak i pierwiastki ziem rzadkich. Reasumując, można stwierdzić, że występujące w Polsce minerały pierwiastków ziem rzadkich są nieprzydatne głównie z powodu ich niskiej zawartości, co niekorzystnie wpływa na ekonomikę całego procesu pozyskiwania koncentratów ziem rzadkich.

Pierwiastki ziem rzadkich pozyskiwane są przede wszystkim z batnaesytu (95%) oraz monacytu i kseotymu[18]. Ich produkcja znacznie różni się od wydobycia innych zasobów kopalnych. Proces pozyskiwania jest złożony, zależny od składu chemicznego rudy, a składa się z połączenia szeregu różnorodnych metod przeróbczych[19]. Pierwszym z etapów jest wydobycie materiału przy zastosowaniu standardowych procedur górniczych. Aby wyodrębnić minerały z rudy, mieli się je na żwir, a następnie kilkakrotnie kruszy się do uzyskania drobnego piasku lub mułu, by oddzielić ziarna poszczególnych minerałów[20]. Następnie rozdziela się pierwiastki w procesie filtracji, w którym metale przyczepiają się do cząsteczek powietrza przepuszczanego przez zbiornik, w którym się znajdują. W efekcie metale można zebrać z jego powierzchni. Następnie przy użyciu różnorodnych związków chemicznych uzyskuje się poszczególne metale ziem rzadkich; proces chemiczny powtarza się do uzyskania całkowitej czystości pierwiastków. Występują wówczas w formie tlenków, które można przetworzyć w metale i stopy[21].

Tradycyjne metody wydobycia metali nie pozwalają na pozyskiwanie rud położonych głębiej niż 1500 metrów pod powierzchnią ziemi. Nad rozwiązaniem tego problemu pracuje

---

[15] J. Kowalczyk, C. Mazanek, *Metale ziem rzadkich i ich związki*, Warszawa 1989; eosdem, *Ziemie rzadkie – problem zaspokojenia potrzeb gospodarki narodowej*, „Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii" 1987, nr 19, s. 233–241.

[16] J. Kulczycka, B. Radwanek-Bąk, *Bezpieczeństwo podaży surowców nieenergetycznych i ich znaczenie w rozwoju gospodarki Unii Europejskiej i Polski*, [w:] *Czy kryzys światowych zasobów?*, red. B. Galwas, B. Wyżnikowski, Warszawa 2014, s. 125–136; B. Radwanek-Bąk, *Zasoby kopalin Polski w aspekcie oceny surowców krytycznych Unii Europejskiej*, „Gospodarka Surowcami Mineralnymi" 2011, z. 1, s. 13.

[17] J. Kowalczyk, C. Mazanek, *Ziemie rzadkie…*, s. 235.

[18] A. Jarosiński, *Możliwości pozyskiwania metali ziem rzadkich w Polsce*, „Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk" 2016, nr 92, s. 75.

[19] W Mountain Pass jako podstawową metodę stosowano flotację oraz ługowanie kwasem solnym, uzyskując 70-procentowy koncentrat. Do przeróbki rud monacytowych i ksenotymu stosuje się metody grawitacyjne z zastosowaniem osadzarek, spiral, koncentratorów stożkowych oraz stołów koncentracyjnych. Stosowane są również metody magnetycznego elektrostatycznego rozdziału oraz rozpuszczanie w gorących stężonych roztworach kwasów i ekstrakcje za pomocą stężonego NaOH. Zob. B. Castor, J.B. Hedrick, *Rare Earth Elements*, [w:] *Industrial Minerals and Rocks-Commodities, Markets and Uses*, eds. J.E. Kogel, N.C. Trivedi, J.M. Barker, S.T. Krukowski, Littleton 2006, s. 769–792.

[20] Za pomocą wody pierwiastki są wypłukiwane do roztworu, a inne składniki są wytrącane do odpadów. Rozdzielanie lantanowców z roztworów stanowi najtrudniejszy etap pozyskiwania metali ziem rzadkich. W tym celu stosowane są następujące metody: metoda frakcjonowanej krystalizacji, frakcjonowane strącanie z roztworu, chromatografia jonowymienna i ekstrakcja (zob. J. Całus-Moszko, B. Białecka, *op. cit.*, s. 62–63). Ostatnie dwie metody uznawane są za najskuteczniejsze, gdyż pozwalają na uzyskanie koncentratów 99,99-procentowych w ilościach kilogramowych. Zob. A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 2002.

[21] A. Klupa, *op. cit.*, s. 241.

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39
Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

KGHM Polska Miedź wraz z 22 partnerami z całej Europy. Celem pionierskiego projektu BIOMOre jest stworzenie demonstracyjnej technologii, która pozwoli wydobywać metale nawet z głębszych złóż, ale bez stawiania podziemnej infrastruktury. Metoda bioługowania polega na zastosowaniu mikroorganizmów (m.in. bakterii i grzybów), które na koniec swojego procesu metabolizmu wytwarzają kwasy. W efekcie zwiększa się kwasowość i obniża się pH środowiska, a substancje stają się rozpuszczalne – wówczas można je wymyć i odzyskać metale z materiału. Bioługowanie będzie można wykorzystać na skalę przemysłową, a projekt nadzorowany przez KGHM znacznie ulepszy cały proces[22].

SZKODLIWOŚĆ ŚRODOWISKOWA POZYSKIWANIA PIERWIASTKÓW ZIEM RZADKICH

Z zasobami metali ziem rzadkich związany jest swoisty paradoks. Wiele zastosowań tych pierwiastków przyczynia się do ograniczenia emisji (są wszak niezbędne do produkcji tzw. zielonych technologii o niskiej emisji związków węgla), lecz ich wydobycie jest wysoce szkodliwe dla środowiska[23].

Górnictwo i przetwórstwo ziem rzadkich są bardzo energochłonne, co oznacza, że analizując cały cykl życia produktu, trudno jednoznacznie stwierdzić, czy spadek emisji dzięki zastosowaniu metali ziem rzadkich rekompensuje emisje powstające w procesie ich pozyskiwania[24]. Podobnie jak większość rodzajów działalności górniczej zużywa wszak znaczne ilości energii pochodzącej z elektrowni węglowych.

W opiniach ekspertów nie istnieje obecnie technologia wydobycia przedmiotowych metali, która jest bezpieczna dla środowiska. Koncentraty pierwiastków ziem rzadkich pozyskuje się w wyniku wzbogacania olbrzymich ilości rud będących nośnikiem minerałów zawierających metale ziem rzadkich, co powoduje degradację znacznych obszarów ziemi.

Ponadto w procesie rafinacji stosowane są związki chemiczne, takie jak kwas siarkowy i kwas fluorowodorowy. Związki te mogą przedostawać się do atmosfery z odpadów poprodukcyjnych, a skutki ich uwalniania nie zostały dotychczas rozpoznane[25].

Niepokój wywołuje poziom radioaktywności materiałów, które zwykle towarzyszą złożom ziem rzadkich. Problemem są tzw. jeziora metali rzadkich – zbiorniki radioaktywnych i toksycznych cieczy będących produktami ubocznymi ekstrakcji pożądanych pierwiastków[26].

---

[22] M. Wąsowski, *Cicha rewolucja w pozyskiwaniu metali. O metodzie KGHM może być głośno na świecie*, http://businessinsider.com.pl/technologie/nauka/kghm-pracuje-nad-pozyskaniem-metali-bez-koniecznosci-ich-wydobycia/6g172ch [dostęp: 20.03.2019].

[23] Amerykańska agenda rządowa US Geological Survey podaje, że w ciągu ostatnich 30 lat zastosowanie pierwiastków ziem rzadkich w ochronie środowiska bardzo się zwiększyło i spodziewa się utrzymania tego trendu. Notowana na giełdzie w Toronto spółka górnicza Avalon Rare Metals potwierdza, że około 25% nowych technologii bazuje na metalach przejściowych i ziem rzadkich. Zob. M. Burchard-Dziubińska, *op. cit.*, s. 27. Podobnie: J. Blas, *op. cit*.

[24] M. Burchard-Dziubińska, *op. cit.*, s. 26.

[25] *Metale ziem rzadkich*, „Infos" 2012, nr 1(115), http://orka.sejm.gov.pl/WydBAS.nsf/0/8306DB0738B6B1F4C1257981004A4357/$file/Infos_115.pdf [dostęp: 19.11.2019], s. 3. Oryginał opracowania: *Rare Earth Metals*, www.parliament.uk/documents/post/postpn368rare_earth_metals.pdf [dostęp: 25.03.2019]. Zgodnie z danymi publikowanymi przez Chińskie Stowarzyszenie Ziem Rzadkich na każdą wyprodukowaną tonę metali rzadkich przypada 8,5 kg fluoru i 13 kg pyłów. Tak C. Hurst, *China's Rare Earth Elements Industry: What Can the West Learn?*, Washington 2010.

[26] K. Chyla, *op. cit.*, s. 282.

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39
Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

W Chinach, gdzie wydobywa się najwięcej metali ziem rzadkich, nielegalna działalność górnicza wyrządziła poważne szkody środowisku w skali lokalnej. Nieodpowiednio oczyszczana przez zakłady wydobywcze woda zatruwa środowisko naturalne[27]. Kopalnie wokół Botou zrzucają rocznie 10 mln ton silnie zakwaszonych bądź radioaktywnych wód, których nie poddaje się żadnemu oczyszczaniu ani dezaktywacji. Z powodu skażenia przesiedlono mieszkańców okolicznych wiosek. Ruda transportowana jest w otwartych wagonach, a jej część trafia do Żółtej Rzeki i dalej do Morza Żółtego. Nie stosuje się także żadnych procedur ochrony ludności pracującej przy wydobyciu przed promieniowaniem radioaktywnym i zanieczyszczeniami. Wzrasta liczba osób chorujących na raka i choroby płuc[28].

W południowych Chinach bardzo utrudniony jest nadzór nad małymi kopalniami. W prowincjach Jiangxi i Guangdong grupy mafijne uruchomiły dziesiątki rujnujących przyrodę wyrobisk. Oficjalna agencja prasowa Xinhua doniosła, że nielegalnie przemycono za granicę w 2008 r. aż 20 tys. ton metali ziem rzadkich. To niemal jedna trzecia całkowitego eksportu Chin[29].

MOŻLIWE DZIAŁANIA OCHRONNE – ALTERNATYWNE ŹRÓDŁA POZYSKIWANIA METALI ZIEM RZADKICH

Aby zmniejszyć wpływ jakiegokolwiek wyrobu na otoczenie w całym cyklu jego życia, należy wypracować innowacyjne podejście do zintegrowanych kryteriów środowiskowych – usługi, towaru lub produktu. Z uwagi na fatalne dla środowiska skutki wydobywania i przetwarzania metali ziem rzadkich coraz większe znaczenie zyskują alternatywne źródła ich pozyskiwania. W celu zapewnienia bezpieczeństwa rozwoju nowoczesnych technologii rozważa się poszukiwanie materiałów, które mogłyby zastąpić metale ziem rzadkich lub umożliwić ograniczenie ich zużycia, dokonuje się też zmian w projektach wyrobów w celu zmniejszenia ich zależności od tych pierwiastków[30]. Źródłem metali ziem rzadkich są m.in. fosfogipsy, popioły lotne ze spalania węgla kamiennego, surowce wtórne i odpadowe, a także zużyty sprzęt elektryczny, elektroniczny i katalizatory.

1. Fosfogipsy i produkty spalania węgli kamiennych

Fosfogipsy to produkt odpadowy powstający w toku wytwarzania ekstrakcyjnego kwasu fosforowego z surowców fosforonośnych (fosforytów lub apatytów). Szacuje się, że w Polsce powstaje 2,2–2,6 mln ton fosfogipsów w skali roku. Ze względu na zawartość fosforanów i fluorków metali ziem rzadkich itp. materiał ten nie spełnia wymagań stawianych gipsowi budowlanemu. Zasoby fosfogipsów apatytowych składowanych na terenie byłych Za-

[27] C. Hurst, *op. cit.*
[28] A. Klupa, *op. cit.*, s. 249.
[29] M. Burchard-Dziubińska, *op. cit.*, s. 26–27.
[30] Specyficzne właściwości metali ziem rzadkich sprawiają, że surowce zamienne albo nie są dostępne, albo ich zastosowanie powoduje zmniejszenie wydajności. Na przykład nie wynaleziono dotychczas materiału, z którego można by otrzymać magnes o sile porównywalnej z siłą magnesów neodymowych. Prowadzone są natomiast badania nad opracowaniem silnika elektrycznego produkowanego bez użycia ziem rzadkich, np. koncern Tesla Motors zastosował w swoich samochodach elektrycznych silniki indukcyjne. Zob. *Metale ziem rzadkich*, s. 4.

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39
Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

kładów Chemicznych „Wizów" oszacowano na 8,28 tys. ton metali ziem rzadkich, w tym 200 ton itru i co najmniej 33 tony europu[31].

Alternatywnym surowcem odpadowym zasobnym w metale ziem rzadkich są popioły i żużle pochodzące ze spalania węgli kamiennych[32]. W surowcach tych stwierdza się obecność nie tylko głównych składników żużlotwórczych (tj. związków glinu, żelaza, wapnia i krzemu w różnych proporcjach), lecz także lantanu, ceru, neodymu i itru. Zasoby tych metali w krajowych złożach węgla kamiennego szacuje się na 1400 ton, a przeciętna sumaryczna zawartość metali ziem rzadkich wynosi 114 ppm[33]. W procesie spalania pierwiastki ziem rzadkich przechodzą do popiołów lub żużli, w których następuje ich skoncentrowanie. Średnia zawartość pierwiastków rzadkich w popiołach lotnych wynosi 400 mg/kg węgla. Zawartość pierwiastków ziem rzadkich w krajowych popiołach z elektrowni kształtuje się na poziomie 280 ppm, w niektórych zaś osiąga wartości 600 ppm, a nawet wyższe[34].

2. Recykling metali ziem rzadkich

W ostatnim dziesięcioleciu istotnie wzrosło zainteresowanie zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym jako cennym źródłem różnych metali, w tym metali szlachetnych i pierwiastków ziem rzadkich[35]. Szacuje się, że w Europie wytwarza się rocznie około 11 mln ton takich odpadów, co stanowi 22% całkowitej ilości odpadów tego typu wytwarzanych na świecie.

Wraz z powiększaniem się rynku i skracaniem się cyklów innowacyjnych sprzęt jest wymieniany coraz częściej, w efekcie czego EEE (*Electrical and Electronic Equipment*) staje się szybko rosnącym źródłem odpadów. Dyrektywa 2002/95/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 2003 r. w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym[36] wprawdzie przyczyniła się skutecznie do ograniczenia substancji niebezpiecznych zawartych w nowym EEE, jednak substancje niebezpieczne, takie jak rtęć, kadm, ołów, sześciowartościowy chrom oraz polichlorowane bifenyle (PCB), jak również substancje zubożające warstwę ozonową będą w dalszym ciągu przez wiele lat obecne w WEEE (*Waste Electrical and Electronical Equipment*).

Przepisy dyrektywy tzw. RoHS I (*Restriction of use of certain hazardous substances*) obowiązywały w Polsce od 1 lipca 2006 r. Dyrektywa RoHS została wdrożona do prawa krajowego rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 6 października 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących ograniczenia wykorzystywania w sprzęcie elektronicznym i elektrycznym niektórych substancji mogących negatywnie oddziaływać na śro-

[31] A. Jarosiński, *op. cit.*, s. 84.
[32] *Ibidem*, s. 86. Badania takie podjęto także w krajowych ośrodkach naukowych, np. w Głównym Instytucie Górnictwa. Mają one charakter badań wstępnych i zmierzają do opracowania koncepcji chemicznej odzysku pierwiastków ziem rzadkich z popiołów lotnych pochodzących ze spalania węgli kamiennych.
[33] J. Całus-Moszko, B. Białecka, *op. cit.*, s. 67–80.
[34] J. Kierczak, K. Chudy, *Mineralogical, chemical and leaching characteristics of coal combustion bottom ash from power plant located in northern Poland*, „Polish Journal of Environmental Studies" 2014, z. 5, s. 1627–1635.
[35] M. Cholewa, A. Jarosiński, J. Kulczycka, *Możliwości pozyskiwania surowców nieenergetycznych z elektroodpadów w Polsce*, Kraków 2013, s. 145–159.
[36] Dz.Urz. L 37 z 13.2.2003 r., s. 19.

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39
Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

dowisko[37]. Akt ten był ściśle powiązany z dyrektywą tzw. odpadową, w sprawie zużytego sprzętu elektronicznego i elektrycznego, tzw. WEEE (*Waste from Electrical and Electronic Equipment*)[38], która obowiązywała od sierpnia 2005 r. Obie miały na celu ochronę środowiska naturalnego poprzez ograniczenie odpadów elektrycznych i energetycznych przedostających się do środowiska oraz odzyskanie jak największej ich części.

Dyrektywa RoHS miała ograniczyć wykorzystanie szkodliwych substancji w określonych rodzajach urządzeń elektrotechnicznych i elektronicznych przeznaczonych na rynek europejski. Z dniem 3 stycznia 2013 r. dyrektywę RoHS I zastąpiła dyrektywa RoHS II, która określa zasady ograniczania stosowania niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym, mające na celu poprawę ochrony zdrowia ludzi i środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem odzysku i unieszkodliwiania zużytego SEE[39]. Dyrektywa RoHS II została wdrożona rozporządzeniem Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 21 grudnia 2016 r. w sprawie zasadniczych wymagań dotyczących ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym[40]. W porównaniu z dyrektywą RoHS I dyrektywa RoHS II została rozszerzona o procedurę oceny zgodności niezbędną do dokonania oceny zgodności SEE z wymaganiami dotyczącymi wskazanych ograniczeń, a także o kwestie dotyczące sporządzenia deklaracji zgodności i umieszczenia na SEE oznakowania CE.

Od 14 sierpnia 2012 r. obowiązuje również tzw. dyrektywa WEEE 2[41]. Zastąpiła ona dotychczasową dyrektywę WEEE i wprowadziła wiele istotnych zmian, m.in. nowe poziomy minimalnej zbiórki elektroodpadów od 2016 r. (40% masy sprzętu wprowadzonego na rynek w trzech poprzednich latach, POM) oraz od 2021 r. (65% POM). Państwa członkowskie mogą wyznaczać poziomy zbiórki alternatywnie: w oparciu o masę sprzedanego sprzętu lub na podstawie tzw. pojawiającego się zużytego sprzętu, czyli szacunkowej masy rzeczywiście wytworzonych elektroodpadów. Od 2018 r. nastąpiła zmiana w ilości grup produktowych – jest ich sześć.

Zawartość niebezpiecznych części składowych w EEE jest głównym problemem podczas gospodarowania odpadami, a recykling WEEE jest realizowany w niewystarczającym zakresie. Brak recyklingu powoduje utratę cennych zasobów.

Udział metali ziem rzadkich zależy od rodzaju sprzętu i może wynosić od kilkuset ppm do kilkudziesięciu procent. Recykling metali ziem rzadkich nie jest tak łatwy jak szkła czy tworzyw sztucznych. Wiele zastosowań tych pierwiastków wiąże się z ich niewielką koncentracją w zużytych produktach, dlatego ich recykling jest trudny i kosztowny. Możliwości recyklingu są większe w przypadku wyrobów, które zawierają więcej tych materiałów[42]. Za-

[37] Dz.U. nr 229, poz. 2310.
[38] Dyrektywa 2002/96/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 2003 r. w sprawie zużytego sprzętu elektrotechnicznego i elektronicznego (Dz.Urz. L 197/38).
[39] Zgodnie z dyrektywą delegowaną Komisji (UE) 2015/863 z dnia 31 marca 2015 r. zmieniającą załącznik II do dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/65/UE w odniesieniu do wykazu substancji objętych ograniczeniem od dnia 22 lipca 2019 r. ograniczeniem objęte zostaną ftalan di-2-etyloheksylu oznaczony symbolem DEHP, ftalan benzylu butylu oznaczony symbolem BBP, ftalan dibutylu oznaczony symbolem DBP, ftalan diizobutylu oznaczony symbolem DIBP.
[40] Dz.U. 2017, poz. 7.
[41] Dyrektywa 2012/19/UE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 4 lipca 2012 r. w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE) (Dz.Urz. L 197/38).
[42] *Metale ziem rzadkich*, s. 4.

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39
Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

sadniczo procesy pozyskiwania metali ziem rzadkich poprzedzone są obróbką wstępną, w skład której wchodzą m.in. takie operacje, jak: demontaż, rozdrabnianie do żądanego składu ziarnowego, obróbka termiczna itp. Procesy zasadnicze obejmują odzyskiwanie metali ziem rzadkich poprzez przeróbkę termiczną lub hydrometalurgiczną[43].

Odzysk rzadkich metali w wielu krajach stanowi cenne źródło surowców wtórnych, zwanych również surowcami miejskimi[44]. Około 70% światowej ilości metali ziem rzadkich poddawane jest recyklingowi i odzyskowi w Chinach. Jest to wynik niskich kosztów pracy, co czyni ten proces ekonomicznie uzasadnionym. Podobna sytuacja występuje w Indiach. Dlatego też w Europie jest utylizowane tylko około 13% światowej ilości zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego[45]. W ostatnich latach w Polsce odnotowano wzrost ilości takich sprzętów, a wciąż nie udało się osiągnąć wskaźnika 4 kg na jednego mieszkańca zebranego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Od 14 sierpnia 2016 r. tzw. dyrektywa WEEE nakłada na Polskę wymóg zgromadzenia mniej niż 45%, ale więcej niż 40% średniej masy sprzętu wprowadzonego do obrotu w poprzednich trzech latach[46]. Dyrektywa ta stanowi uzupełnienie podstawowego unijnego prawodawstwa w dziedzinie gospodarowania odpadami, takiego jak dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów[47], dyrektywa 2009/125/WE Parlamentu Europejskiego i Rady[48] ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią oraz wyżej wymieniona dyrektywa 2002/95/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 2003 r. w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym[49].

Dyrektywa WEEE przesuwa termin osiągnięcia poziomu zbierania w wysokości 65% średniej masy sprzętu wprowadzonego do obrotu w trzech poprzedzających latach lub alternatywnie 85% masy zużytego sprzętu wytworzonego w danym państwie członkowskim. Poziomy

[43] A. Jarosiński, *op. cit.*, s. 85. Na przykład proces odzysku neodymu ze złomu magnesów składa się z ekstrakcji neodymu ciekłym magnezem, rozdziału fazy ciekłej od fazy stałej i odparowania ciekłego magnezu. Uzyskany produkt zawiera ponad 96% neodymu, a stopień ekstrakcji wynosi zazwyczaj powyżej 90% (tak M. Kucharski, *Recykling metali nieżelaznych*, Kraków 2010). W kraju prowadzone są także badania nad odzyskiem neodymu lub samaru ze złomowanych magnesów stałych na drodze hydrometalurgicznej. W Polsce opracowano metodę odzysku itru i europu ze zużytych luminoforów. Zob. S. Góralczyk, E. Uzunow, *The recovery of yttrium and europium compounds from waste materials*, "Archives of Environmental Protection" 2013, Vol. 39(3), DOI: https://doi.org/10.2478/aep-2013-0023, s. 107–114.

[44] Tzw. *urban mining* (miejskie górnictwo) polega na odzyskiwaniu cennych związków i elementów z produktów, budownictwa i odpadów. Zob. K. Poznański, *Ekonomiczna efektywność recyklingu metali*, „Recykling" 2013, nr 7 (dodatek specjalny: Cztery strony recyklingu, cz. III: Metale).

[45] W Polsce w 2012 r. było to 3,88 kg na mieszkańca, a w UE wskaźnik ten wynosił średnio 17 kg na mieszkańca. Takie dane podają: M. Cholewa, A. Jarosiński, J. Kulczycka, *op. cit.*, s. 145–159; *Surowce krytyczne i strategiczne w Polsce*, red. B. Witkowska-Kmita, Warszawa 2015; A. Wojnarowska, J. Baron, S. Kandefer, W. Żukowski, *Charakterystyka procesu spalania odpadów elektronicznych w reaktorze z pęcherzowym złożem fluidalnym*, „Przemysł Chemiczny" 2013, t. 92(6), s. 997–1005. Największe tempo wzrostu ilości odpadów odnotowuje się w kategorii telefonów komórkowych i komputerów osobistych. Odpady te różnią się pod względem składu zarówno materiałowego, jak i chemicznego. Tak J. Kozłowski, W. Mikłasz, D. Lewandowski, H. Czyżyk, *Nowe technologie oraz nowe konstrukcje maszyn i urządzeń do wzbogacania i metalurgicznego przerobu surowców mineralnych. Analiza jakościowa i ilościowa złomu zespolonego wybranych grup i rodzajów sprzętu elektrycznego i elektronicznego występującego w Polsce*, Gliwice 2013, s. 115–125, za: A. Jarosiński, *op. cit.*, s. 84 i n.

[46] Dyrektywa 2012/19/UE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 4 lipca 2012 r. w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE) (Dz.Urz. L 197/38).

[47] Dz.Urz. L 312 z 22.11.2008, s. 3.

[48] Dz.Urz. L 285 z 31.10.2009, s. 10.

[49] Dz.Urz. L 37 z 13.2.2003 r., s. 19.

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39
Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

te należy uzyskać nie później niż do 14 sierpnia 2021 r. Oznacza to, że coraz więcej e-odpadów trzeba poddawać recyklingowi[50].

3. Odzysk dla potrzeb produkcji nanocząsteczek

Szacuje się, że do 2020 r. w UE łączna ilość zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego osiągnie 12,3 mln ton[51]. Warto wobec tego wspomnieć w tym miejscu o finansowanym ze środków UE projekcie RECYVAL-NANO, którego celem jest odzyskiwanie metali ziem rzadkich ze sprzętu elektrycznego i elektronicznego dla potrzeb produkcji nanocząsteczek[52].

W komunikacie Komisji z dnia 4 listopada 2008 r. „Inicjatywa na rzecz surowców – zaspokajanie naszych kluczowych potrzeb w celu stymulowania wzrostu i tworzenia miejsc pracy w Europie”[53] oraz w komunikacie z dnia 2 lutego 2011 r. „Stawianie czoła wyzwaniom związanym z rynkami towarowymi i surowcami”[54] Komisja Europejska uznała, że zabezpieczenie niezawodnego i niezależnego od zakłóceń dostępu do surowców jest istotne dla konkurencyjności UE. W komunikatach przedstawiono zintegrowaną strategię mającą na celu rozwiązanie problemów związanych z dostępem do surowców nieenergetycznych i nierolnych. Inicjatywa na rzecz surowców opiera się na trzech filarach: 1) zapewnieniu równych szans dostępu do zasobów w państwach trzecich; 2) wspieraniu stabilnych dostaw surowców ze źródeł europejskich; 3) wspieraniu efektywnego gospodarowania zasobami i promowaniu recyklingu[55]. Rada poparła powyższą inicjatywę w konkluzjach z dnia 10 marca 2011 r. dotyczących stawiania czoła wyzwaniom związanym z rynkami towarowymi i surowcami, a Parlament Europejski – w rezolucji z dnia 13 września 2011 r. W czerwcu 2010 r. Komisja opublikowała ekspertyzę ustanawiającą metodykę identyfikacji surowców uznanych za kluczowe dla UE[56]. W sprawozdaniu KE przedstawiono wykaz czternastu kluczowych surowców, wśród których znalazły się metale ziem rzadkich.

W ramach projektu RECYVAL-NANO we współpracy z partnerami przemysłowymi specjalizującymi się w przetwarzaniu i recyklingu odpadów elektrycznych[57] opracowano innowacyjną strategię mechanicznego recyklingu płaskich wyświetlaczy. Pierwszym krokiem było zoptymalizowanie technik mechanicznego sortowania i ekstrakcji w celu zwiększenia ilości i czystości frakcji zawierających odzyskiwane metale. Następnie ulepszono procedury

[50] K. Poznański, *op. cit.*
[51] A. Wojnarowska, J. Baron, S. Kandefer, W. Żukowski, *op. cit.*
[52] Projekt RECYVAL-NANO o numerze NMP2-SE-2012-310312 uzyskał akceptację Komisji Europejskiej i został dofinansowany kwotą 3 141 676,45 € (na realizację projektu przeznaczono łącznie 4 411 639,60 €). Projekt trwał 4 lata – od grudnia 2012 r. do listopada 2016 r.
[53] COM (2008) 0699 final.
[54] COM (2011) 0025 final.
[55] Sprawozdanie Komisji dla Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów w sprawie wdrażania inicjatywy na rzecz surowców, COM/2013/0442 final.
[56] Ocenę oparto na metodyce ilościowej z zastosowaniem kryteriów znaczenia gospodarczego, ryzyka niedoboru dostaw i ryzyka środowiskowego dla państwa. Ryzyko niedoboru dostaw obejmowało takie elementy, jak: stabilność polityczna i gospodarcza, poziom koncentracji produkcji, możliwość zastąpienia i współczynnik recyklingu. W oparciu o tę metodykę oceniono 41 surowców.
[57] Międzynarodowe konsorcjum utworzyło 12 partnerów (LUREDERRA, COOLREC, TECNAN, ABCRlabs, MOS, MEAB, EPI-LIGHT, TWI, Chalmers University of Technology, Delft University of Technology, PLASMA QUEST LIMITED, EXCAL) z siedzibami w Hiszpanii, Szwecji, Wielkiej Brytanii, Irlandii i Holandii.

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39
Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

ręcznego demontażu w celu lepszego oddzielania wartościowych materiałów od odpadów oraz opracowano technikę rozdzielania i koncentrowania pożądanych metali z użyciem magnesów. Badano także metody wyodrębniania czystych roztworów zawierających pożądane metale do bezpośredniego zastosowania w produkcji nanocząsteczek. Wymagało to zoptymalizowania procesów hydrometalurgicznych i rafinowania frakcji odzyskiwanych mechanicznie w celu skoncentrowania i wyodrębnienia cennych metali. Projekt pozwolił opracować zarówno globalny proces recyklingu płaskich wyświetlaczy poprzez mechaniczne oddzielanie wartościowych materiałów, jak i procesy hydrometalurgiczne do rafinowania metali ziem rzadkich. Przyczyniło się to do oszczędzania zasobów naturalnych, mniejszego zanieczyszczania środowiska poprzez ograniczenie ilości odpadów elektronicznych oraz zmniejszenia zależności krajów UE od krajów dysponujących niezbędnymi zasobami naturalnymi[58].

PODSUMOWANIE

Surowce nieenergetyczne (w tym tzw. surowce krytyczne) cechują się ograniczoną bazą surowcową i znacznym rozproszeniem minerałów oraz bardzo ograniczonymi możliwościami substytucji. Do tych surowców zaliczane są pierwiastki ziem rzadkich, które wyznaczają kierunki nowoczesnego, dynamicznego rozwoju różnych gałęzi przemysłu[59]. Bardzo obiecujące jest wykorzystanie tych metali w technologiach związanych z rozwojem gospodarki niskoemisyjnej, zwłaszcza w turbinach wiatrowych i samochodach hybrydowych[60].

Nie ulega wątpliwości, że znaczenie metali ziem rzadkich będzie rosło. Potrzeby surowcowe współczesnej gospodarki globalnej wydają się nieograniczone, a determinowane postępem technologicznym rosnące zapotrzebowanie wymusza poszukiwanie nowych źródeł. Jednym z rozwiązań jest gromadzenie rezerw. Coraz częściej pojawiającą się praktyką jest zawieranie partnerstw surowcowych, ustanawianych na szczeblu międzynarodowym.

Państwa, które eksploatują pierwiastki ziem rzadkich, mają obowiązek zapewnienia globalnego bezpieczeństwa ekologicznego. Troska o środowisko naturalne to jeden z najważniejszych argumentów przeciw wydobywaniu tych metali. Konieczne jest stosowanie wysoce zaawansowanych technologii, aby efektywnie ograniczać zgubne skutki wydobycia. Wymaga to ogromnych nakładów kapitałowych, jednak w dalszej perspektywie może pozytywnie stymulować sferę high-tech i innowacyjność.

Trudno obecnie przewidywać, czy powstanie wspólna międzynarodowa polityka eksploatowania metali ziem rzadkich, wytyczająca kierunek wspólnych działań i form dialogu instytucji celem wypracowania standardów metod i zachowań podmiotów. Niewątpliwie konieczność pozyskiwania zasobów wygeneruje rywalizację, która ukształtuje część międzynarodowych stosunków gospodarczych[61].

W interesie państw wysoko uprzemysłowionych, w tym Polski z jej planami zwiększenia roli energii odnawialnej w produkcji energii pierwotnej, a być może także rozwoju energetyki jądrowej, leży poszukiwanie nowych źródeł zaopatrzenia w metale ziem rzad-

[58] *Nowe metody odzyskiwania, recyklingu i ponownego wykorzystywania metali ziem rzadkich*, http://cordis.europa.eu/result/rcn/159640_pl.html [dostęp: 20.05.2019].
[59] A. Jarosiński, *op. cit.*, s. 76.
[60] M. Burchard-Dziubińska, *op. cit.*, s. 24.
[61] K. Chyla, *op. cit.*, s. 291.

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39
Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

kich, w tym zwiększanie nakładów na badania nad ich recyklingiem i prace nad pełnowartościowymi zamiennikami trudniej dostępnych pierwiastków. Celem ustawodawstwa UE jest przyczynienie się do zrównoważonej produkcji i konsumpcji poprzez – w pierwszej kolejności – ograniczenie ilości WEEE, a także poprzez ponowne użycie, recykling oraz inne formy odzysku takich odpadów tak, aby ograniczyć ilość unieszkodliwianych odpadów i przyczynić się do wydajnego wykorzystywania zasobów oraz do odzyskiwania cennych surowców wtórnych. Jest nim również dążenie do poprawy ekologicznego charakteru działalności wszystkich podmiotów zaangażowanych w cykl życia EEE, tzn. producentów, dystrybutorów i konsumentów, a w szczególności podmiotów bezpośrednio zaangażowanych w zbieranie i przetwarzanie WEEE.

Realizowane w różny sposób w poszczególnych krajach zasady odpowiedzialności producenta mogą prowadzić do znacznych rozbieżności w obciążeniu finansowym przedsiębiorców. Zróżnicowana polityka w dziedzinie gospodarowania WEEE w państwach członkowskich niekorzystnie wpływa na skuteczność realizacji strategii recyklingu. Z tego powodu najważniejsze kryteria należy ustanowić na poziomie Unii Europejskiej, należy też opracować minimalne normy dotyczące przetwarzania WEEE.

Warto poszukiwać inwestorów, tj. podmiotów dysponujących zaawansowaną technologią wydobycia i przetwarzania pierwiastków krytycznych, gwarantujących wysokie standardy ekologiczne, gotowych włączyć się w rozpoznawanie i zagospodarowywanie polskich i światowych zasobów[62].

BIBLIOGRAFIA

LITERATURA

Bielański A., *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 2002.

Blas J., *Rosną obawy o skąpe zasoby metali przejściowych i metali ziem rzadkich*, http://forsal.pl/artykuly/395923,rosna_obawy_o_skape_zasoby_metali_przejsciowych_i_metali_ziem_rzadkich.html [dostęp: 15.11.2019].

Brzyska W., *Lantanowce i aktynowce*, Warszawa 1996.

Burchard-Dziubińska M., *Strategiczna rola metali ziem rzadkich w gospodarce opartej na wiedzy*, „Gospodarka w Praktyce i Teorii" 2014, nr 1(34).

Całus-Moszko J., Białecka B., *Potencjał i zasoby metali ziem rzadkich w świecie oraz w Polsce*, „Prace Naukowe GIG – Górnictwo i Środowisko" 2012, nr 4.

Castor B., Hedrick J.B., *Rare Earth Elements*, [w:] *Industrial Minerals and Rocks-Commodities, Markets and Uses*, eds. J.E. Kogel, N.C. Trivedi, J.M. Barker, S.T. Krukowski, Littleton 2006.

Cholewa M., Jarosiński A., Kulczycka J., *Możliwości pozyskiwania surowców nieenergetycznych z elektroodpadów w Polsce*, Kraków 2013.

Chyla K., *Strategiczny charakter pierwiastków ziem rzadkich*, „Pisma Humanistyczne" 2014, nr 12.

Góralczyk S., Uzunow E., *The recovery of yttrium and europium compounds from waste materials*, "Archives of Environmental Protection" 2013, Vol. 39(3), **DOI: https://doi.org/10.2478/aep-2013-0023**.

Hurst C., *China's Rare Earth Elements Industry: What Can the West Learn?*, Washington 2010.

Jarosiński A., *Możliwości pozyskiwania metali ziem rzadkich w Polsce*, „Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk" 2016, nr 92.

Jarosiński A., Madejska L., *Wybrane zagadnienia otrzymywania miszmetalu i innych metali ziem rzadkich*, „Inżynieria Mineralna" 2016 (styczeń–czerwiec).

Kapiszewski K., *Lantanowce niczym ropa*, „Przegląd" 2011, nr 2, www.tygodnikprzeglad.pl/lantanowce-niczym-ropa [dostęp: 20.03.2019].

Kierczak J., Chudy K., *Mineralogical, chemical and leaching characteristics of coal combustion bottom ash from power plant located in northern Poland*, „Polish Journal of Environmental Studies" 2014, z. 5.

[62] B. Wiśniewski, *op. cit.*, s. 2.

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39

Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

Klupa A., *Cenniejsze niż złoto. Metale ziem rzadkich w światowej strategii gospodarczej*, „Przegląd Strategiczny" 2012, nr 1, **DOI: https://doi.org/10.14746/ps.2012.1.15**.

Kooroshy J., Korteweg R., Ridder M. de, *Rare earth elements and strategic mineral policy*, Report No. 2010/02, The Hague 2010.

Kowalczyk J., Mazanek C., *Metale ziem rzadkich i ich związki,* Warszawa 1989.

Kowalczyk J., Mazanek C., *Ziemie rzadkie – problem zaspokojenia potrzeb gospodarki narodowej*, „Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii" 1987, nr 19.

Kozłowski J., Mikłasz W., Lewandowski D., Czyżyk H., *Nowe technologie oraz nowe konstrukcje maszyn i urządzeń do wzbogacania i metalurgicznego przerobu surowców mineralnych. Analiza jakościowa i ilościowa złomu zespolonego wybranych grup i rodzajów sprzętu elektrycznego i elektronicznego występującego w Polsce*, Gliwice 2013.

Kucharski M., *Recykling metali nieżelaznych*, Kraków 2010.

Kulczycka J., Radwanek-Bąk B., *Bezpieczeństwo podaży surowców nieenergetycznych i ich znaczenie w rozwoju gospodarki Unii Europejskiej i Polski*, [w:] *Czy kryzys światowych zasobów?*, red. B. Galwas, B. Wyżnikowski, Warszawa 2014.

Metale ziem rzadkich, „Infos" 2012, nr 1(115), http://orka.sejm.gov.pl/WydBAS.nsf/0/8306DB0738B6B1F4C1257981004A4357/$file/Infos_115.pdf [dostęp: 19.11.2019].

Paulo A., Krzak M., *Metale rzadkie*, Kraków 2015.

Podbiera-Matysik K., Gorazda K., Wzorek Z., *Kierunki zastosowania i pozyskiwania metali ziem rzadkich*, „Chemia. Czasopismo techniczne" 2012, z. 16.

Poznański K., *Ekonomiczna efektywność recyklingu metali*, „Recykling" 2013, nr 7 (dodatek specjalny: Cztery strony recyklingu, cz. III: Metale).

Radwanek-Bąk B., *Zasoby kopalin Polski w aspekcie oceny surowców krytycznych Unii Europejskiej*, „Gospodarka Surowcami Mineralnymi" 2011, z. 1.

Rare Earth Metals, www.parliament.uk/documents/post/postpn368rare_earth_metals.pdf [dostęp: 25.03.2019].

Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials, European Commission, Brussels, July 2010.

Sermet E., Auguścik J., *Krytycznie o pojęciu surowców krytycznych i nie tylko*, „Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk" 2015, nr 91.

Nowe metody odzyskiwania, recyklingu i ponownego wykorzystywania metali ziem rzadkich, http://cordis.europa.eu/result/rcn/159640_pl.html [dostęp: 20.05.2019].

Surowce krytyczne i strategiczne w Polsce, red. B. Witkowska-Kmita, Warszawa 2015.

Tomański R., *Bez lantanowców nie ma nowoczesnej technologii*, www.komputerswiat.pl/aktualnosci/bez-lantanowcow-nie-ma-nowoczesnej-technologii/vplecne [dostęp: 20.03.2019].

Ukryte (chińskie) składniki (niemal) wszystkiego, www.national-geographic.pl/ludzie/ukryte-chinskie-skladniki-niemal-wszystkiego [dostęp: 20.03.2019].

Wąsowski M., *Cicha rewolucja w pozyskiwaniu metali. O metodzie KGHM może być głośno na świecie*, http://businessinsider.com.pl/technologie/nauka/kghm-pracuje-nad-pozyskaniem-metali-bez-koniecznosci-ich-wydobycia/6g172ch [dostęp: 20.03.2019].

Wiśniewski B., *Rosnące znaczenie metali ziem rzadkich*, „Biuletyn PISM" 2013, nr 46.

Wojnarowska A., Baron J., Kandefer S., Żukowski W., *Charakterystyka procesu spalania odpadów elektronicznych w reaktorze z pęcherzowym złożem fluidalnym*, „Przemysł Chemiczny" 2013, t. 92(6).

Zieliński S., *Surowce mineralne*, „Chemik" 2014, nr 5.

AKTY PRAWNE

Dyrektywa 2002/95/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 2003 r. w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz.Urz. L 37 z 13.2.2003 r., s. 19).

Dyrektywa 2002/96/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 2003 r. w sprawie zużytego sprzętu elektrotechnicznego i elektronicznego (Dz.Urz. L 197/38).

Dyrektywa 2008/98/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów (Dz.Urz. L 312 z 22.11.2008, s. 3).

Dyrektywa 2009/125/WE Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią (Dz.Urz. L 285 z 31.10.2009, s. 10).

Dyrektywa 2012/19/UE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 4 lipca 2012 r. w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE) (Dz.Urz. L 197/38).

Pobrane z czasopisma Studia Iuridica Lublinensia **http://studiaiuridica.umcs.pl**
Data: 26/11/2026 09:20:39

Uwaga! Artykuł został opublikowany w dwóch wersjach językowych – podstawą do cytowań jest wersja angielska

Dyrektywa delegowana Komisji (UE) 2015/863 z dnia 31 marca 2015 r. zmieniająca załącznik II do dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/65/UE w odniesieniu do wykazu substancji objętych ograniczeniem.

Komunikat Komisji Europejskiej z dnia 4 listopada 2008 r. „Inicjatywa na rzecz surowców – zaspokajanie naszych kluczowych potrzeb w celu stymulowania wzrostu i tworzenia miejsc pracy w Europie", COM (2008) 0699 final.

Komunikat Komisji Europejskiej z dnia 2 lutego 2011 r. „Stawianie czoła wyzwaniom związanym z rynkami towarowymi i surowcami", COM (2011) 0025 final.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 6 października 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących ograniczenia wykorzystywania w sprzęcie elektronicznym i elektrycznym niektórych substancji mogących negatywnie oddziaływać na środowisko (Dz.U. nr 229, poz. 2310).

Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 21 grudnia 2016 r. w sprawie zasadniczych wymagań dotyczących ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz.U. 2017, poz. 7).

UMCS