

RODZAJ I JAKOŚĆ KOPALIN A PROGNOZOWANIE ZASOBÓW ZŁÓŻ

UKD 553.3/.9.002.2:65.012.23:553.3/.9.003.1

W cyklu produkcyjnym surowców mineralnych nauki geologiczne i nauki mineralogiczne uczestniczą od etapu początkowych badań przyrodniczych, jednakże rola nauk geologicznych wygasa z chwilą wydobycia urobku górniczego. Nauki mineralogiczne, zwłaszcza nauka o surowcach mineralnych, współdziałają również na etapie mechanicznej przeróbki urobku na surowce mineralne, a nawet w trakcie ich technologicznego przetwarzania w wyroby pochodne. Z tego wynika pewna odrębność traktowania prognozowania zasobów złóż i produkcji surowców mineralnych przez te nauki. O ile bowiem prognostyczny pogląd geologiczny opiera się na sformułowaniu bilansu zasobów kopalin w złożach, o tyle pogląd mineralogiczny kształtuje się w strefie ustaleń bilansu gospodarki surowcami mineralnymi, z którego wynikają ustawicznie nowe zapotrzebowania ilościowe i jakościowe w zakresie rodzaju i jakości kopaliny. Dopiero syntetyczne ujęcie tych obu stanowisk prowadzi do prawidłowego prognozowania, powiązane z trendami rozwojowymi gospodarki narodowej.

W wyniku podstawowych badań mineralogicznych i petrograficznych osiąga się poznanie składu fazowego i chemicznego minerałów i skał, ich własności fizycznych, a także wykształcenia przestrzennego, a więc określenie rodzaju i jakości kopaliny. W trakcie tych badań zyskuje się również pogląd na ich genezę. W rezultacie dostarczają one przyrodniczego określenia kopaliny. Stanowi to istotny element koncepcji poszukiwań złóż, tylko bowiem te nauki wykazują obecność określonej kopaliny w strukturze geologicznej. Interesujące jest to, że często nie wystarcza ogólne przyrodnicze poznanie minerałów i skał, a konieczne okazują się wnikliwe badania wykonywane najbardziej precyzyjnymi sposobami. Rzecz bowiem w tym, że współczesna technika wykorzystuje nie tylko kopaliny bogate, ale również bardzo ubogie w składnik użyteczny, nie tylko ich główne składniki, ale również domieszki nawet tak małe, że ich ilości wyraża się nie w procentach tj. w częściach setnych, lecz w częściach milionowych (w g/t; ppm). Z takich nieznacznych domieszek użykuje się wiele produktów hutniczych czy przemysłu chemicznego, np. Os, Pa, Ru, Rh, Au, Ag, Tl, In, Ga, Ge, Se, Te itd. Zdarza się także, iż niewielkie domieszki decydują o sposobie, a nawet o możliwościach wykorzystywania surowca mineralnego, np. domieszka Fe^{2+} w strukturze magnezytu stanowi o jego przydatności jako surowca do produkcji materiałów ogniotrwałych. Wskazać można, że np. wykształcenie strukturalne kryształów kwarcu decydu-

je o możliwości jego wykorzystania jako piezokwarcu. Stąd też wynika doniosła rola rezultatów badań przyrodniczych minerałów i skał dla poznawania złóż i ustalania ich zasobów, a zatem także i dla ich prognozowania.

Wyniki badań mineralogicznych i petrograficznych, prowadzonych odpowiednio precyzyjnymi metodami i należycie powiązane z wymogami technologii surowców mineralnych, dostarczają podstawowych kryteriów dla określenia przydatności kopaliny, a zatem i wartości złóż.

Poznanie kopaliny i ich złóż dostarcza informacji częściowych, z drugiej bowiem strony wypowiadzieć się muszą pracownicy z zakresu przeróbki mechanicznej, czy i w jaki sposób możliwe jest przetworzenie kopaliny (urobku, niesortu górniczego) w surowce mineralne odpowiadające aktualnym wymaganiom techniki czy technologii ich użytkowania. Wymagania te najczęściej dotyczą składu chemicznego, wartości kalorycznej surowców energetycznych, ogniotrwałości, przydatności do produkcji wyrobów ceramicznych, cech fizycznych czy wreszcie wykształcenia strukturalnego (azbesty, miki, kryształy) itp.

Szczególny spłot problemów wynika z tego, że działalność górnicza i ograniczoność zasobów złóż przy przestrzennej zmienności zawartych w nich kopaliny powodują wyczerpywanie się lepszych kopaliny i konieczność wybierania kopaliny o niższej jakości, m. in. uboższych złóż. Wynikające stąd trudności, np. w przypadku eksploatacji złóż cyny, przezwycięża się we współdziałaniu przeróbki mechanicznej z naukami mineralogicznymi.

Konfrontacja rodzaju i jakości kopaliny oraz możliwości eksploatacji złóż i możliwości przeróbki mechanicznej uzyskanego z nich urobku z wymaganiami użytkowników surowców mineralnych wykazuje na ogół rozbieżność poglądów. Dużo kopaliny nie jest przydatna dla celów praktycznych, wymaga więc przystosowania do technologicznych możliwości ich wykorzystywania. Stąd wypływają zadania dla nauk mineralogicznych, przeróbki mechanicznej, nauki o surowcach mineralnych i technologów. Celem jest tu kompleksowe wykorzystanie wszystkich kopaliny głównych, towarzyszących, a nawet odpadowych wchodzących w skład urobku górniczego lub współwystępujących w złożach udostępnionych przez kopalnię. Jest to problem skomplikowany, który kształtuje się różnie w różnych kopalniach, tak jak różny jest skład mineralny i petrograficzny ich złóż. Pewne komplikacje wynikają tu również z technologii wybierania złoża, która prowadzi m. in. do zubożenia

urobku w stosunku do cech kopaliny stanowiącej złożo. Nie może więc tu być ogólnych reguł postępowania. Nieodzownym jednak warunkiem zbliżenia się do prawidłowego rozwiązania tego zagadnienia jest dokładna znajomość przyrodniczych cech wszystkich kopalini, tworzących złożo lub występujących w najbliższym jego otoczeniu.

Przykładowo można wskazać na doniosłą rolę flotacji w rozwoju kopalnictwa na złożach, zawierających mało składnika użytecznego, np. kruszcu, występującego w postaci małych ziarn, niedostrzegalnych okiem nieuzbrojonym. Dalszy postęp w tej dziedzinie zapowiadają rozwijane obecnie i wdrażane metody hydro- i biometalurgiczne. Są one bowiem skuteczne niezależnie od wielkości ziarn minerałów użytecznych zawartych w nadawie przeróbce.

Przeróbka mechaniczna waloryzuje kopaliny, jest ona swoiście powiązana z naukami mineralogicznymi, stanowiącymi jej fundament. Jej postęp obniża wymagania stawiane jakości kopaliny, a to w skutkach prowadzi do włączania do zasobów bilansowych części złóż lub całych złóż dawniej traktowanych jako pozabilansowe, a nawet w ogóle nieinteresujące. Osiągnięcia zatem przeróbki mechanicznej muszą być uwzględniane przy prognozowaniu, nie mówiąc już o dokumentowaniu czy bilansowaniu złóż.

Przystępowanie do eksploatacji złóż czy ich części, zawierających kopaliny niższej jakości, rozwija się przede wszystkim na starych obszarach górniczych Europy, Japonii i Stanów Zjednoczonych. Odkrycia wielkich i łatwo dostępnych złóż, które sporadycznie wstrząsają gospodarką światową, mogą powodować zaostrezenie wymagań w zakresie jakości kopalini. Podobną rolę odgrywają wielkie inwestycje komunikacyjne, np. budowa BAM na Syberii. Początkowo tu przykładu dostarczają dzieje światowej produkcji boksytów. Odkrycie ich złóż nad Zatoką Gwinejską spowodowało wzrost podaży boksytów wysokiej jakości. Rozwój tego górnictwa był wyraźnie hamowany przystąpieniem do wybierania koryzynie komunikacyjnie położonych złóż basenu Morza Karaibskiego. Ostatnio decydujący głos na rynkach światowych zyskała Australia. Odkryto tu i przystąpiono do eksploatacji wielkich i korzystnie położonych nad morzem złóż boksytów na jej północnych cyplach.

Odkrycia geologiczne, rozwój górnictwa na nowych złożach i usprawnienie transportu mogą powodować oddalenie wykorzystywania złóż, zawierających kopaliny niższej jakości na dalszą przyszłość, ale nie mogą przekreślić ich wartości. Zasoby wszystkich złóż są bowiem ograniczone i wyczerpywalne. Na podstawie ich znajomości i rozpoznania wielkości zużycia surowców mineralnych oraz ich trendów rozwojowych można prognozować rozwój eksploatacji złóż uboższych. Przystąpienie do takiego działania jest kwestią czasu, bywa ono przyspieszone międzynarodowymi konfliktami militarnymi czy gospodarczymi.

Dalszym zagadnieniem jest lista kopalini, które powinny być objęte prognozowaniem. Obecnie wykorzystuje się około 100 surowców mineralnych, które ze względu na unikalność złóż odpowiednich kopalini lub też wysokość ceny nabycia stanowią przedmiot międzynarodowej współpracy gospodarczej. Żadne z państw gospodarczo rozwiniętych nie dysponuje zespołem złóż wszystkich kopalini, które są nieodzowne dla pokrycia ich zapotrzebowania krajowego na surowce mineralne. Cechą krajów uprzemysłowionych jest pogłębiający się deficyt surowcowy przy wzmagających się trudnościach ich nabywania poza granicami kraju. Zjawisko to coraz wyraźniej występuje w gospodarce St. Zj., W. Brytanii, RFN i Francji, nie mówiąc już o Japonii. Stąd też wynika potrzeba prowadzenia coraz intensywniejszych badań mineralogicznych i petrograficznych nie tylko kopalini i złóż, które posiadamy w obfitości, ale również — a może nawet przede wszystkim — tych, których odczuwamy niedostatek lub brak. Zaznacza się to dynamicznym rozwojem tych badań w wielu krajach rozwiniętych gospodarczo. Stąd też wynika i dla nas obo-

wiązek takiego działania zarówno w płaszczyźnie poznania przyrodniczego czy technologicznego, jak i uwzględnienia tej problematyki w prognozowaniu geologicznym.

Rozwój techniki i technologii wykorzystywania surowców mineralnych wydłuża ich listę. Ujawniające się przy tym zainteresowania mogą być dwójakiego rodzaju: skutkiem wyrównywania opóźnienia rozwoju przemysłu krajowego lub następstwem światowego postępu technicznego bądź technologicznego.

Przykładem pierwszej sytuacji u nas jest ujawnienie się zainteresowania surowcami strontowymi, które wynikało m. in. z rozwoju przemysłu elektronicznego. Przed 20—30 laty pewne ich ilości produkowano w Polsce, później działalność ta zamarła, a obecnie czeka na odrodzenie. Innym przykładem są dzieje problemu wytworzenia metalicznego magnezu w Polsce. W latach 50- i 60-tych prowadzono intensywne badania zmierzające do oparcia tej gałęzi hutnictwa na krajowych złożach dolomitów. Wówczas na świecie był on produkowany głównie z produktów ubocznych, otrzymywanych przy przeróbce soli potasowych na nawozy mineralne i z magnezytu. Obecnie na świecie około 50% magnezu metalicznego uzyskuje się z dolomitów i to nie najlepszej jakości. U nas problem ten zamarł bez skutków inwestycyjnych. Dolomity zasługują więc na ich uwzględnienie przy prognozowaniu zasobów złóż kopalini przydatnych dla metalurgii. Prognozowanie krajowe musi obejmować wszystkie kopaliny, wykorzystywane na świecie, niezależnie od potrzeb gospodarki krajowej. Często obserwuje się tu gwałtowne zmiany, a ich dynamiczne przejawy wprowadzają niekiedy geologów w trudne sytuacje. Geologia i mineralogia zmusza więc na odcinku prognozowania do podjęcia inicjatyw wyprzedzających decyzje, a nawet zainteresowania gospodarcze, zbyt często jednak wykazują one poważne opóźnienia.

Najtrudniejsze zagadnienia przy prognozowaniu stwarzają nowe surowce mineralne, uzyskiwane z minerałów i skał dotychczas uznawanych za bezużyteczne, przykładem mogą być borokrzemiany. Dotychczasowa światowa produkcja boru jest uzyskiwana w kilku krajach, dysponujących złożami ewaporatów boranowych. Duże ilości boru są związane w borokrzemianach, np. turmalinach, datolicie itp. Od kilku lat zapoczątkowano już przetwarzanie rzadkiego dumortierytu na ultratwardą ceramikę mullitową przy jednoczesnym oddzieleniu związków boru. W tej dziedzinie znajdujemy się w jakimś zwrotnym punkcie. Przy prognozowaniu więc w zakresie kopalini boru powinna być zwrócona uwaga na strefy objęte pneumatolizą borową Sudetów i związane z nią skały metasomatyczne. Podobny problem stwarza fluor. Aktualnie głównym jego surowcem mineralnym jest fluoryt, a tylko małe ilości uzyskuje się z fosforytów podczas ich chemicznego przetwarzania na nawozy fosforowe. W grę wchodzi tu topaz i skały obecnie mało interesujące — skały topazowe, np. występujące w okolicach Mirska. Tu do silniejszego głosu powinna dojść nauka o surowcach mineralnych i odegrać rolę inżynierii surowców mineralnych. Powinna ona inspirować badania zmierzające do opracowania metod technologicznych umożliwiających wykorzystywanie minerałów i skał dotychczas uważanych za bezużyteczne.

Jakkolwiek zaznacza się ustawiczne wydłużanie listy surowców mineralnych, to jednak nie można pomijać sporadycznych ubytków na niej. Najczęściej jest to wynik rozwoju technologii chemicznej, przemysłowej hodowli kryształów itp. Odstąpiono już od eksploatacji małych i rzadkich w skorupie ziemskiej złóż salmiaku rodzimego, witryoli czy alunów lub realgatu. W pierwszym ćwierćwieczu bieżącego stulecia ograniczona została do rozmiarów lokalnych produkcja saletry chilijskiej i indyjskiej, a także sody rodzimej, tenardytu i mirabillitu. Ostatnio zlikwidowano jedyną kopalnię kryolitową, która eksploatowała złożo na Grenlandii. Tańszy okazał się produkt syntetyczny otrzymywany sposobami chemicznymi z fluorytu. Podobnie dzieje się z kryształami rubinu, szafiru, a nawet diamentu i młk. Działania takie ogarniają również kopaliny bardziej pospolite, np. wykorzystywanie przez polską przemysł cementowy

granulowanych żużli wielkopieczowych corocznie zaoszczędza przynajmniej kilka milionów ton wapieni i margli. Chemiczna, hutnicza, ceramiczna czy inna produkcja lub wprowadzenie substytutów eliminuje więc lub ogranicza rozmiary zapotrzebowania słabiej w przyrodzie rozpowszechnionych skał, minerałów i kryształów, przedłuża więc okres eksploatacji ich złóż.

Przy prognozowaniu geologicznym muszą też być brane pod uwagę zjawiska rozgrywające się w grupach pokrewnych surowców mineralnych, a zatem wśród pokrewnych kopalin. Rozwój technologii i zmiany cen nabycia powodują przesunięcia w wielkości ich względnego zapotrzebowania. Dla przykładu można podać, że w ostatnich kilkudziesięciu latach następował ustawiczny wzrost zapotrzebowania ropy naftowej i gazu ziemnego, któremu towarzyszyło względne zmniejszanie się zainteresowania węglem kamiennym. W światowym bilansie surowców energetycznych spadł on na drugie miejsce. Podobnie dzieje się z siarką rodzimą, która ustąpiła już przodujące miejsce siarce uzyskiwanej przy przeróbce gazu ziemnego, ropy naftowej, a także z gazów hutniczych. Dążność do odsiarczania (odpirytowania) węgla przed jego spalaniem w instalacjach energetycznych, która jest m. in. dyktowana względami ochrony naturalnego środowiska, stwarza perspektywę pozyskiwania z tego źródła siarki elementarnej lub jej związków w ilościach większych od obecnie wydobywanych ze złóż siarki rodzimej. Takich sytuacji nie można pomijać przy prognozowaniu geologicznym, gdyż zbyt jednostronnie wysuwane wnioski mogą komplikować perspektywiczne planowanie gospodarcze.

Wyniki coraz dokładniejszych badań minerałów i skał stanowią punkt wyjścia dla opracowania metod praktycznego ich wykorzystywania. Mają więc decydujące znaczenie dla gospodarki surowcami mineralnymi i gospodarki złożami kopalin użytecznych. Muszą jednak być powiązane z postępowaniem przeróbki mechanicznej oraz techniki i technologii zajmujących się przetwarzaniem surowców mineralnych w wyroby pochodne.

Trzecim wreszcie elementem koniecznym do uwzględnienia przy prognozowaniu krajowej bazy surowcowej jest wielkość produkcji surowców mineralnych, która w przybliżeniu odpowiada wielkości zużycia krajowego i eksportu. Wyniki badań statystycznych, prowadzonych w zależności od charakteru surowca w skali światowej lub krajowej, dostarczają informacji o rozmiarach zainteresowania użytkowników i jego trendach rozwojowych. Badania z tego zakresu, wykonane w powiązaniu z rozpoznaniem przyrodniczym i to nawet typu geochemicznego, wykazały że trendy rozwojowe produkcji i zużycia surowców mineralnych na świecie, mimo niezwykle dużej ilości komplikacji, układają się według krzywych, którym można przypisać wzory ma-

tematyczne. W historii gospodarczej świata od czasu rewolucji przemysłowej w XIX w. zaznaczyło się tylko kilka okresów silniejszych zaburzeń tych trendów oraz ich znaczniejsze zmiany. Są to: obie wojny światowe, wielki kryzys gospodarczy lat 30-tych, zimna wojna lat 50-tych. Zapewne zaburzenia takie spowoduje też kryzys obecnie przeżywany. Wydaje się, że nawet i takie wielkie zmiany trendów podlegają pewnym prawidłowościom matematycznym.

Podobnie kształtuje się rozwój struktury zużycia surowców mineralnych. Każdy z nich jest wykorzystywany w różny sposób, np. chromit jako surowiec metalurgiczny, chemiczny i przemysłu materiałów ogniotrwałych. Proporcje międzybranżowe ulegają zmianom, które są wynikiem zmian stopnia zainteresowania różnymi wyrobami pochodnymi, a także wprowadzaniem nowych technologii. Mimo to w perspektywie wielu lat struktura taka rozwija się konsekwentnie jakkolwiek odmiennie dla każdego surowca. Dobrze jest to widoczne na odpowiednich wykresach, stanowiących zbiory dość płynnych krzywych.

Analiza trendów rozwoju produkcji/zużycia, branżowej struktury zużycia oraz geograficznej struktury produkcji i zużycia surowców mineralnych stanowi tło, na którym można osadzić prognozę rozwoju bazy surowcowej kraju powiązanej z jego społeczno-gospodarczym rozwojem. Ponieważ racjonalne prognozowanie geologiczne musi uwzględniać wiele aspektów, od przyrodniczych i technicznych po gospodarcze, przeto w krajach rozwiniętych gospodarczo działają odpowiednie serwisy informacyjne. W Polsce od 1976 r. rozpoczęto wydawanie opracowań zbiorowych pod wspólnym tytułem „Surowce mineralne świata”*. Dąży się w nim do przedstawienia w ujęciu przyczynowo-retrospektywnym problematyki przyrodniczej, technologicznej i gospodarczej poszczególnych surowców mineralnych i ich grup. Tę ostatnią doprowadza się do ujawnienia trendów rozwojowych, stanowiących podstawę prognozowania gospodarczego, a które powinny być także uwzględniane przy prognozowaniu geologicznym.

Geologiczne prognozowanie rozwoju krajowej bazy surowcowej musi wykraczać poza problematykę geologii, traktowanej w strefie poznania przyrodniczego, jakkolwiek takie rozpoznanie jest i zawsze będzie stanowiło jego fundament**.

* Surowce mineralne świata. Wyd. Geol.: Aluminium — Al, Beryl — Be, Lit — Li, Magnez — Mg (1976), Potas — K₂O, Brom — Br, Jod — J, Azot — N (1977), Cyna — Sn (1977), Miedź — Cu (1977), Cynk — Zn, Ołów — Pb, Kadm — Cd (1978), w przygotowaniu: Żelazo — Fe, Chrom — Cr, Mangan — Mn, Wanad — V, Tytan — Ti, Torf, Węgiel brunatny.

** A. Bolewski — Geologia gospodarcza i jej zagadnienia. Ossolineum. Wrocław 1978.

SUMMARY

РЕЗЮМЕ

The prognosis of the type and quality of deposits and, indirectly, their resources, comes out of the economic balance of the country deposit management and the demand trends revealed by it. The range of the prognosis is wider than that established by the balance of country deposits as the latter are insufficient to produce all the raw materials indispensable for the national economy. The attention is also given to those deposits from which raw materials hitherto not produced in Poland may be obtained, which means that the range of geological prognosis becomes wider. The results of studies in the field of mineralogy make it also possible to prognose a better utilization of deposits and raw materials, e.g. by retrieval of accompanying elements and use of mining and post-processing waste.

Прогнозирование рода и качества ископаемых, а также их запасов, вытекает из баланса хозяйствования минеральным сырьем страны и выявленных в нем трендов потребности в этом сырье. Это прогнозирование имеет более широкие пределы чем определенные балансом запасов, не обеспечивающие возможности производства всего минерального сырья необходимого для народного хозяйства. Учитывает оно также те ископаемые, из которых можно получить сырье, не производимое до сих пор в нашей стране. Результаты исследований минералогических наук делают возможным прогнозирование лучшего использования месторождений, ископаемых и минерального сырья, например в области получения одновременно выступающих элементов и утилизации горнопромышленных отходов.