

ROLA GEOCHEMII W POSZUKIWANIACH SUROWCÓW MINERALNYCH I ENERGETYCZNYCH

UKD 550.84:553.3/9.04

Geochemia, w miarę rozwoju swoich metod badawczych, odgrywa coraz większą rolę w poszukiwaniach geologicznych złóż surowców mineralnych i energetycznych. Geochemia stosowana ma własne metody i problemy naukowe, które stanowią uzupełnienie badań geologicznych przy poszukiwaniu złóż i wyjaśnieniu ich genezy.

W prospekcji geochemicznej oraz w badaniach dotyczących genezy i związków paragenetycznych, podstawowym elementem jest ustalanie częstości i formy występowania pierwiastków w badanym obszarze. Pierwiastki mogą występować w różnych postaciach chemicznych i fizycznych, dzięki temu można śledzić, modelować i dawać ilościowy wyraz przemianom, które wywołały te formy, jak np. utlenienie, metamorfizm. Można też ustalić etapy krystalizacji, cykle sedymentacji, zależności genetyczne, paralelizować pokłady i przedstawiać dynamikę tych procesów w formie wykresów, diagramów i korelacji geochemicznych.

Najważniejszą zaletą badań geochemicznych jest interpretacja i możliwość wyciągania wniosków na podstawie statystyki, aproksymacji i rachunku prawdopodobieństwa, nadającą tym badaniom cechy badań ścisłych. Metody geochemiczne znacznie udoskonaliły i pogłębiły metody petrograficzne i mineralogiczne, ponieważ pomagają charakteryzować i klasyfikować zmiany i procesy, które nie dają się obserwować pod mikroskopem, zwłaszcza przy badaniu środowiska geochemicznego. Formy występowania pierwiastków zależą nie tylko od ich własności krystalo-

chemicznych, lecz również od parametrów fizykochemicznych środowiska.

Minerały skałotwórcze, oprócz głównych pierwiastków, zawierają pierwiastki śladowe i rozproszone, zróżnicowane jakościowo i ilościowo w zależności od warunków genetycznych i zmian, którym ulegały w dalszych procesach pomagmowych. Pierwiastki, w zależności od diadochii, mogą występować w siatce krystalicznej lub w postaci roztworów stałych, jak i wtrąceń międzykrystalicznych. Dzięki analizie chemicznej te pierwiastki są oznaczane ilościowo i w postaci wskaźników geochemicznych pomagają w odtworzeniu środowiska i historii utworów skalnych.

Minerały skałotwórcze ulegają w procesie wietrzenia rozkładowi, wprowadzając do obiegu geochemicznego pierwiastki, zawarte w postaci domieszek, jak np. U, Th, Zr, stanowiąc dla tych pierwiastków źródło pierwotne. Obecność wtrąceń międzykrystalicznych znacznie obniża odporność skał na wietrzenie przez tworzenie ogniw krótko-spiętych, łatwo ulegających erozji. Lepsze poznanie zmian koncentracji pierwiastków śladowych, tzw. pierwiastków przewodnich w skałach i minerałach może dostarczyć wiele cennych informacji w ustaleniu związku genetycznego między różnymi skałami, warunków tworzenia się złóż i ich oceny.

Analogie geochemiczne można wyrażać ilościowo i z założeń wydobyć zarysy prawidłowości, stosując klasyfikację geochemiczną, zbliżoną do matematycznej. Zawartość

pierwiastków rozproszonych waha się od ok. 10^{-2} – $10^{-4}\%$, a śladowych od ok. $10^{-5}\%$. Zmiany koncentracji w tych zakresach dokonują się przez migrację pierwiastków, wywołaną trendami procesów, którym podlegają skały. Można powiedzieć, że analiza chemiczna służy do znalezienia kodu, umożliwiającego odczytanie historii procesów geochemicznych, zaszyfrowanych w formie dokonanej migracji pierwiastków. Technika stosowania metod analizy chemicznej i znaczenie błędów pomiarowych są szeroko omówione i opisane w pracy pt. „Ocena i charakterystyka metod analizy chemicznej, jako metod pomiarowych geochemii stosowanej” (3).

Zaburzenia geologiczne, okresowe lub ciągłe, wywołują nagle lub nieskończenie małe przemieszczanie pierwiastków, które objaśniane jest badaniami geochemicznymi. Wynik ich przedstawiany jest wykresami i diagramami paragenetycznymi, ponieważ dynamika tych procesów nie jest proporcjonalna do bodźców. Należy mieć na uwadze, że nawet przy badaniu geochemicznym pierwiastków promieniotwórczych, żaden detektor nie wykrywa promieniotwórczości jaka jest w danej chwili, lecz wykazuje scałkowany efekt, złożony ze wszystkich składowych efektów, które skupiły się w pewnym okresie czasu. Integralny skutek zależy od sposobu migracji i wiązania się składowych elementów geochemicznych. Zamiast więc splotów faktów geochemicznych korzystamy z metody przybliżeń i klasyfikacji, czyli z uproszczonego schematu, przedstawiającego rzeczywistość.

Na podstawie dotychczasowych badań można stwierdzić, że przez zastosowanie bardziej precyzyjnych metod pomiarowych mogą być uchwycone procesy geochemiczne, przebiegające nawet w małej skali, których poznanie pozwala na wyjaśnienie parametrów genetycznych tworzenia się złoża. Charakterystyka procesów przez stosowanie wskaźników ciągłych i za pomocą analogii, stanowi korzystne dane diagnostyczne. Wskaźnik Th/U przy poszukiwaniu złóż cyny zastosowany jako wskaźnik selektywny, dobrze charakteryzuje poszczególne etapy akumulacji cyny (1). Równoległe stosowanie pomiarów rozkładu uranu, toru i cyny pozwala na głębsze poznanie mechanizmu procesów pomagmowych i kontrastową selekcję produktów wietrzenia. Jest to bardzo ważne, ponieważ z granitów kwaśnych – cynonośnych – w procesie wietrzenia powstają główne złoża cyny. Szczytowym etapem wietrzenia takich granitów jest warstwa piaskowa z kasyteritem, pokrywająca skałę macierzystą. Zazwyczaj granity kwaśne stanowią ubogą rudę cynową; główna akumulacja kasyterytu następuje w procesie wietrzenia tych skał, dając rudę rozsypową (3). Anomalie cynowe, stwierdzone prospekcją geochemiczną, mogą być wynikiem kondycji cynowej granitu lub granitów ubogich w cynę, lecz poddawanych dłuższemu wietrzeniu z hydrolizą.

Opierając się na znanych właściwościach toru i uranu można z ich rozkładu i funkcji korelacyjnych uzyskać wiele danych co do parametrów geochemicznych środowiska i mechanizmu formowania się złoża (1). W poszukiwaniu pozytywnych korelatów procesu badanej mineralizacji i przypuszczalnego jego źródła, konieczne jest badanie rozkładu i korelacji kilkunastu pierwiastków chemicznych aby z ich zróżnicowanych charakterów chemicznych i migracji poznać ogólną tendencję głównego procesu. Przykładem może być opracowanie pt. „Parametry rozkładu pierwiastków rzadkich i śladowych w łupkach dictyonemowych Polski północno-wschodniej jako wskaźniki formowania się złóż” (4).

Przeprowadzone badania porównawcze parametrów rozkładu pierwiastków rzadkich i śladowych pozwoliły

na stwierdzenie metodą geochemiczną, że wietrzące skały magmowe nie były jedynym źródłem utworów dolnego ordowiku oraz stwierdzona została działalność wulkaniczna. Badania zostały przeprowadzone na ok. 50 próbkach z poszukiwawczych otworów wiertniczych. W każdej próbce oznaczono koncentrację 18 pierwiastków. Badania geochemiczne nie potwierdziły warunków geologiczno-geochemicznych, sprzyjających uformowaniu się złoża uranowego w łupkach dictyonemowych.

Znaczny rozwój specjalnej gałęzi geochemii, tzw. geochemii organicznej związany jest również z udoskonaleniem metod analizy chemicznej. Wprowadzenie wielu nowych metod geochemicznych pozwala określić powinowactwo genetyczne i odtworzyć zmiany substancji organicznej w procesie migracji i ewolucji. Poznane zostały określone związki chemiczne – organiczne, które w sprzyjających warunkach geologicznych przetrwały w skałach różnego wieku. Takie badania geochemiczne stosowane w podstawowych badaniach geologicznych wykazują przydatność do celów poszukiwawczych surowców energetycznych, zwłaszcza ropy, która obecnie pokrywa ok. 50% światowego zapotrzebowania na energię i nie oczekuje się w najbliższym czasie zasadniczych zmian. Ze względów technologicznych na razie węgiel nie wytrzymuje konkurencji z ropą. W wyniku prowadzonych poszukiwań, w których metody geochemiczne odgrywają ważną rolę, odkrywane są coraz to nowe, niewielkie złoża ropy.

Główna faza tworzenia się ropy następuje po osadzeniu się skały macierzystej. W szczególności duża liczba obecnych złóż ropy została wytworzona w okresie kredowym i trzeciorzędowym, niezależnie od wieku skały macierzystej. Na ostateczny skład ropy mają silny wpływ zmiany zachodzące po jej nagromadzeniu, decydujące o jakości i wartości ekonomicznej. Te zmiany szkodliwie wpływają na badania korelacyjne. Decydującymi czynnikami dla rozpoznania macierzystego złoża ropy są: oznaczenie substancji organicznej nierozpuszczalnej (kerogen) i rozpuszczalnej (bituminy). Najważniejsze cele przy korelacji ropy i skały macierzystej to rozpoznanie różnych rodzin węglowodorów zebranych w basenie i identyfikacja skały macierzystej danej ropy. Korelacja geochemiczna opiera się na rozpoznaniu składu ropy i skały macierzystej. Jako parametr korelacyjny zazwyczaj jest stosowana względna dystrybucja węglowodorów i niewęglowodorów, jak np. grup steroidów i terpenoidów, C^{13}/C^{12} , w celu powiązania ropy i bituminów z określonym kerogenem. Jako uzupełniające, mają tu zastosowanie metody chemiczne i optyczne. W badaniach geochemicznych kopalini organicznych badania jakościowe odgrywają większą rolę niż ilościowe.

Badanie substancji organicznej w złożach surowców mineralnych umożliwia rozwiązywanie licznych zagadnień przy badaniu ich genezy, warunków koncentracji i innych, których w wielu przypadkach nie można rozwiązać innymi metodami. Wyjaśnienie roli substancji organicznej w koncentracji metali (Ge, U) jest przedmiotem wielu badań. Poszukiwania geologiczne stwierdziły liczne przypadki występowania uranonośnych węgli brunatnych i kamiennych. Metody mineralogiczne i petrograficzne nie wyjaśniły postaci mineralizacji uranem w węglach. Metody geochemiczne zastosowane w pracy pt. „Geochemia uranu w uranonośnych węglach kamiennych w Polsce” (2) ustaliły ilościowy związek i parametry koncentracji uranu przez substancję organiczną w danym środowisku geochemicznym. W pracy stwierdzono, że uran wiązany jest przez utlenioną substancję organiczną węgla w procesie adsorpcji o charakterze funkcji matematycznej. To wyjaśnia zależność tego procesu od kwasowości środowiska geochemicznego i zmien-

ne występowanie uranu w różnych pokładach węgla (uran wędrujący).

Uogólniając przedstawione wyżej rozważania można stwierdzić, że właściwe stosowanie metod geochemicznych w poszukiwaniach złóż rud daje znaczne i określone korzyści naukowe i ekonomiczne. Dokumentacja geochemiczna, oparta na dokładnych analizach chemicznych, selektywnych wskaźnikach genetycznych i korelacjach paragenetycznych, stanowi ilościowe źródło informacji diagnostycznych przy przeprowadzaniu prób odtwarzania procesów formowania się złóż, za pomocą prostych modeli cybernetycznych. Dalszy postęp w geochemii zależy od udoskonalenia instrumentalnych metod analizy chemicznej, ponieważ stanowią one podstawowy element kodowania informacji generowanych przez źródło, którym jest obiekt badany geochemicznie, zgodnie z zasadą, że nie można przekazać więcej informacji niż ma jej źródło.

Przetwarzanie informacji można aproksymować za pomocą dużych ilości zależności i korelacji. Można je traktować jako modele procesu. W ten sposób ustalenie procesu lub genezy staje się procesem matematycznym. Przeprowadzenie go wymaga wykonania nieraz dużej liczby operacji matematycznych, możliwych jedynie przy zastosowaniu elektrycznych maszyn matematycznych, przystosowanych do przetwarzania danych, obliczeń naukowych i do sterowania procesami. Zbiór informacji geochemicznych i zastosowanie elektronicznych maszyn cyfrowych jest głównym wkładem geochemii do postępu w badaniach geologicznych.

L I T E R A T U R A

1. Jęczalik A. — Geochemia uranu, toru i cyny w procesach pomagmowych. Prz. Geol. 1986 nr 11.
2. Jęczalik A. — Geochemia uranu w uranonośnych węglach kamiennych w Polsce. Biul. Inst. Geol. 1970 nr 224.
3. Jęczalik A. — Ocena i charakterystyka metod analizy chemicznej, jako metod pomiarowych geochemii stosowanej. Ibidem nr 238.

4. Jęczalik A. — Parametry rozkładu pierwiastków rzadkich i śladowych w łupkach dictyonemowych Polski północno-wschodniej jako wskaźniki formowania się złóż. Ibidem 1979 nr 316.

S U M M A R Y

Geochemical methods in searching ore beds, if properly used, may bring significant scientific and economic benefits.

Geochemical documentation based on accurate chemical analyses, selective genetic indices and paragenetic correlations, may be a reliable source of diagnostic informations as to the formation processes of ore beds. The speculation as to the way the bed had been formed thus becomes a mathematical problem, possible to be resolved by means of a computer.

Translated by the Author

Р Е З Ю М Е

Правильное использование геохимических методов для поисков рудных месторождений может дать значительную и определенную научную и экономическую пользу.

Геохимическая документация основанная на точных химических анализах, селективных генетических индикаторах и парагенетических корреляциях является количественным источником диагностических сведений для процессов формирования рудных месторождений. Таким образом определение процесса образования или происхождения месторождения становится математической проблемой, которую можно решить при помощи вычислительной машины.

Перевод автора