

## MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA W GEOLOGII POSZUKIWAWCZEJ METOD PROMIENIOTWÓRCZOŚCI

**W** GEOLOGII POSZUKIWAWCZEJ istnieje ostatnio tendencja do posługiwania się nowymi metodami, pozwalającymi na dokładniejsze opracowywanie poszczególnych problemów, niż to się działo w obserwacjach dotychczasowych. Prowadzi się badania nad przystosowaniem do tego celu nowoczesnych urządzeń pomiarowych stosowanych dotychczas w innych dziedzinach nauki. Wystarczy tu wspomnieć, że na niektórych uniwersytetach zagadnienia te są przedmiotem specjalnych wykładów i opracowań (30).

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat obserwuje się znaczny rozwój metod opartych na pomiarach promieniotwórczości naturalnej skał skorupy ziemskiej, które w skrócie będziemy nazywali metodami promieniotwórczości. Ta młoda gałąź geofizyki przynosi niewątpliwie korzyści geologii poszukiwawczej.

Niniejszy krótki artykuł ma na celu omówienie możliwości zastosowania metod promieniotwórczości w warunkach krajowych oraz podanie wstępnych informacji o stosowanych w takich pomiarach urządzeniach rejestrujących.

Ze wszystkich metod promieniotwórczości najbardziej znana jest metoda profilowania otworów wiertniczych (17,22). Uzyskane przy tym informacje pozwalają wnioskować o profilu litologicznym mijanych skał, mogą służyć do wzajemnej korelacji kilku odwiertów, do wyznaczania kąta zapadania poszczególnych warstw w terenach niezaburzonych, do identyfikacji skał silnie promieniotwórczych, jak: minerały uranowe i torowe, fosforyty (6), pewne węgle brunatne (35), skały krystaliczne itp., lub do wyróżniania skał charakteryzujących się niską promieniotwórczością, jak: sole, węgle kamiennie, gipsy i in. (10). Dalszym etapem w rozwoju tego kierunku badań jest dodatkowe opuszczanie wraz z sondą pomiarową źródła neutronów. W ten sposób uzyskuje się bezpośrednie informacje o występowaniu złóż ropy naftowej (3, 12; 37, 39).

W stadium prób jest także metoda polegająca na pomiarze w odwiercie tzw. promieniowania rozproszonego. W badaniach tych do otworu wiertniczego opuszcza się wraz z sondą preparat promieniotwórczy (ok. 1 mg Ra). Rejestrowane wówczas promieniowanie „odbite” od otaczających skał jest proporcjonalne do ich gęstości, która z kolei jest cechą różnicującą poszczególne skały.

Podobnie jak wyżej opisane, dość dawno już znana jest metoda promieniotwórczości zdjęć powierzchniowych. Dzięki wykorzystaniu względnych różnic w natężeniu promieniowania pozwala ona na określenie w warunkach terenowych, niekiedy nawet dość ściśle, kontaktu sąsiadujących ze sobą różnych utworów geologicznych. Poza tym w oparciu o rejestrację efektów pochodzących od radonu i produktów jego rozpadu, można identyfikować miejsca przebiegania uskoku, dyslokacji tektonicznych, szczelin itp. (26). Wadą zdjęć powierzchniowych jest możliwość ich wykonywania jedynie w wypadku istnienia niewielkiego młodszego nadkładu. Okoliczność ta znacznie ogranicza ich stosowalność (13,38).

Metody promieniotwórczości są wreszcie najdogodniejsze przy poszukiwaniu złóż pierwiastków promieniotwórczych. W tym celu wykonuje się zdjęcia powierzchniowe, profilowanie otworów wiertniczych, badania aktywności powietrza glebowego, próbek skalnych, wycieków wodnych itp. W latach ostatnich ukazały się publikacje omawiające dalszy ciąg badań nad rozwojem opisywanych wyżej metod. Rewelacją w tej dziedzinie jest fakt zastosowania do pomiarów terenowych liczników scyntylacyjnych. Wykazano, że na obrzeżeniu złóż ropy naftowej istnieje możliwość pomiarów promieniotwórczości gleby, natomiast bezpośrednio nad samym złożem zaznacza się wyraźne minimum.

Otwory wiertnicze lokowane w miejscach okonturowanych w ten sposób w większości wypadków są produktywne. Uzyskane w trakcie takich pomiarów profile przedstawiono w pracy Lobdella, Buckley'a i Merrita (18). Są one, jak się wydaje, wyjątkowo dobre. Sama metoda stanowi rewelację w poszukiwaniach naftowych i może oddać w tej dziedzinie bardzo znaczne usługi. Entuzjastyczne wzmianki w różnych czasopismach wskazują na to, że nad ulepszeniem tej metody prowadzi się nadal intensywne badania. Jednak wobec trudności w uzyskiwaniu odpowiedniej literatury nie wszystkie osiągnięcia są nam dobrze znane. Warta podkreślenia jest okoliczność, że opisywane badania można przeprowadzać z samolotów lub helikopterów, co z kolei pozwala na pokrycie w krótkim stosunkowo czasie znacznych obszarów. Aczkolwiek w chwili obecnej nie posiadamy liczników scyntylacyjnych, to jednak w naszych warunkach jest możliwe podjęcie w inny sposób prób wykonania podobnych pomiarów.

Dobre wyniki uzyskano również przy zastosowaniu metod promieniotwórczości do poszukiwań soli potasowych. Rejestrowane w tym wypadku promieniowanie pochodzi od izotopu potasu  $K^{40}$  znajdującego się w naturalnym potasie w ilości 0,0119%. W oparciu o efekty pochodzące od wymienionego izotopu wykorzystuje się podziemne zdjęcia w kopalniach soli. Z otrzymanych danych można wnioskować o potasowości poszczególnych członów stratygraficznych, o różnicach pomiędzy nimi, o występowaniu pokładów soli potasowych itp. Wyjątkowo dobre wyniki uzyskuje się tą metodą w wypadku badania członów sojnych, w których z różnych przyczyn nastąpiły zmiany charakterystycznych cech litologicznych (odbarwienie, przekształcanie itp.). Przy pomocy metod promieniotwórczości prowadzi się w kraju poszukiwania soli potasowych.

Metody te wreszcie pozwalają na wykonywanie analiz na zawartość potasu przy wykorzystaniu liniowej zależności pomiędzy jego procentową zawartością w badanej próbce a rejestrowanym natężeniem promieniowania. Można podkreślić tu fakt, że analizy takie mogą być wykonywane w warunkach terenowych w czasie kilku minut. Dokładność pomiarów sięga dziesiątych części procenta. Znajdują one zastosowanie nie tylko w warunkach polowych, lecz również są szeroko stosowane w laboratoriach naukowych, zakładach przerobczych soli potasowych do kontroli procesu technologicznego itp. Na ten temat ukazało się szereg publikacji noszących charakter dokumentacyjny dla opisanej metody (4, 31, 32). Opierając się na względnych różnicach w natężeniu promieniowania, robiono próby identyfikacji niektórych horyzontów stratygraficznych. Badania takie były na przykład wykonywane z pozytywnym skutkiem dla skał karbońskich (19).

Warto wreszcie wspomnieć, że przemiany promieniotwórcze pierwiastków służą jako podstawa do określania wieku bezwzględnego skał. Z dziedziny tej w ostatnich latach ukazało się szereg prac (7, 23, 33).

Ten krótki przegląd zastosowania w geologii metod polegających na pomiarze promieniotwórczości naturalnej skał wskazuje na to, jak duże są jeszcze możliwości rozwojowe podobnych badań. Zgodnie ze wspomnianą na wstępie tendencją do stosowania w geologii ścisłych metod pomiarowych, badania promieniotwórczości rosną w tym względzie dość nader. Z prac jeszcze nie publikowanych wynika, że pomiary podobne do opisywanych wyżej mogą być pomocne przy opracowywaniu wielu innych problemów geologicznych.

Pewnego omówienia wymagają tu stosowane przy omawianych zagadnieniach urządzenia pomiarowe.

Należy tu wymienić następujące formy prowadzenia wspomnianych badań: metody radiograficzne — fotograficzne emulsje jądrowe (1, 15), liczniki Geigera-Müllera, liczniki scyntylacyjne (9), komory jonizacyjne (3, 36), fontaktoskopy (24) i spektrograf masowy (29).

W warunkach terenowych do poszukiwań geologicznych używa się przeważnie liczników Geigera-Müllera. Są one lekkie, wygodne i stosunkowo tanie. Z zastosowaniem ich jednak łączy się specjalna elektronika. Wymagają one do pracy źródła wysokiego napięcia, wzmacniaczy, automatycznych rejestratorów itp. Zagadnienia te są szeroko opracowane w literaturze światowej, ponieważ licznik Geigera-Müllera jest także podstawowym narzędziem fizyki jądrowej. Na tym miejscu odesłamy czytelnika jedynie do kilku prac omawiających zagadnienia aparaturowe, związane z pomiarami terenowymi (5, 14, 20, 25, 28).

W ogólności można podać, że istnieją trzy zasadnicze rodzaje układów rejestracyjnych do liczników Geigera-Müllera, które mogą mieć zastosowanie w opisanych tu pomiarach:

1. **Prosty rejestrator impulsów** składa się przeważnie z paru lamp typu radiowego. Rejestracja jest przeważnie akustyczna (słuchawki) lub mechaniczna (licznik rozmów telefonicznych). Zasilanie może się odbywać z sieci elektrycznej, z baterii lub akumulatorów. Waga takich urządzeń waha się zazwyczaj w granicach 1—10 kg. Źródłem wysokiego napięcia mogą być baterie, specjalny transformator lub generator lampowy. Opisane aparaty stosuje się w zasadzie do pomiarów wstępnych (orientacyjnych). Można przy ich pomocy przeprowadzać również pomiary dokładne w wypadku badania niewielkich ciałków (do 200 imp/minutę ponad tło). W tym ostatnim jednak wypadku aparatura musi być wyposażona w automatyczną rejestrację oraz odpowiednią konstrukcję, przystosowaną do warunków terenowych.

2. **Układ redukcyjny (scaler)**. W wypadku pomiaru większej ilości impulsów w jednostce czasu stosuje się elektronowe układy redukujące zmniejszające ilość rejestrowanych impulsów w skali  $2^n$  lub  $10^n$ . Układy takie są już bardziej skomplikowane i zawierają więcej lamp. Znajdują one zastosowanie przeważnie w pracach laboratoryjnych (11, 21).

3. **Układ integratora** służy do ciągłej rejestracji zmian w natężeniu promieniowania (8, 34). W układzie tym impulsy elektryczne są zamienione na prąd proporcjonalny do natężenia mierzonego promieniowania. Wskazania licznika odczytuje się przy pomocy

odpowiednio wyskalowanego przyrządu (miliamperomierza) lub samopisu. Zaletą integratora impulsów jest to, że wskazuje on bezpośrednio rejestrowaną promieniotwórczość oraz daje możliwość zastosowania automatycznej rejestracji graficznej (samopisu), ustępując on jednak poprzednio opisanym układom pod względem dokładności pomiaru. Ze względu na statystyczny charakter rozpadów promieniotwórczych dokładność pomiaru jest uwarunkowana ilością zarejestrowanych impulsów. Zależności te omawia O. Riedel (27). Integratory stosuje się zazwyczaj przy sondowaniu odwiertów, pomiarach samochodowych, lotniczych itp.

Jak już wspomniano, większość stosowanych w geologii schematów rejestratorów opiera się na opisanych typowych układach. Dodatkowo wchodzi w grę generatory wysokich napięć, układy gaszące, urządzenia automatyzacyjne, wtórniki katodowe itp.

Na osobne omówienie zasługują liczniki scyntylacyjne. Liczniki Geigera-Müllera mają niewielką wydajność na promieniowanie gamma, rzędu 1%. Zwiększenie powierzchni czynnej używanych do pomiarów liczników prowadzi do jednoczesnego wzrostu tła (biegu własnego) pochodzącego od promieniowania kosmicznego, co z kolei może jeszcze bardziej zacierać mierzony efekt. Wydajność liczników scyntylacyjnych na promienie gamma dochodzi do kilkudziesięciu procent, co daje im znaczną przewagę nad licznikami Geigera-Müllera.

Licznik scyntylacyjny składa się ze specjalnego kryształu i fotopowielacza oraz z odpowiedniego elektronowego układu rejestracyjnego. Największą trudność w korzystaniu z liczników scyntylacyjnych w naszych warunkach powoduje brak na rynku krajowych fotopowielaczy i kryształów scyntylacyjnych. Niezależnie od tego samo opanowanie techniki liczników scyntylacyjnych oraz pracy z nimi wymaga kilkuletnich studiów laboratoryjnych. W najbliższej więc przyszłości należałoby oprócz się w podobnych badaniach na aparaturze importowanej. Liczniki Geigera-Müllera natomiast i związana z nimi aparatura są już w kraju stosowane od dłuższego czasu.

W Związku Radzieckim i USA istnieją duże grupy badaczy opracowujących naukowo wymienione kierunki badań (referat prof. Baranowa na zjeździe poświęconym uczczeniu 20 rocznicy śmierci M. Skłodowskiej Curie, Warszawa r. 1954). Pozytywnie można ocenić inicjatywę polskich geologów oraz instytutów naukowych, dążących do zastosowania metod promieniotwórczości przy rozwiązywaniu zupełnie nowych problemów. Inicjatywa ta jest dowodem postępu i twórczego rozwoju polskiej myśli geologicznej.

(L I T E R A T U R A na 3 s. okładki)

## L I T E R A T U R A

1. Bhatnagar A. C., Gnosh P. C. — Using autoradiography for quantitative study of U in ore. „Nucleonics“ 1954, nr 4, s. 59.
2. Blum E. — Die Aufnahme von Neutronendiagrammen im Bohrloch und ihre Anwendung zur quantitativen Ermittlung der Porosität. „Erdöl und Kohle“ 1953, v. 6, s. 133.
3. Bosch J. — Elektrische Messgeräte für Atomkernstrahlung. „ETZ Elektrotechnische Zeitschrift“ Ausgabe A 1954, v. 75, s. 458.
4. Bowling Barnes R. and Salley D. J. — Analysis for Potassium by its natural radioactivity. „Industrial and Engineering Chemistry, Analytical Edition“ 1943, v. 15, s. 4.
5. Buttlar H., Wendt J. — Radioactive Messungen in der Geologie. „ATM — Archiv für Technisches Messen“ 1952, v. 655—1, s. 225, v. 655—2, s. 254.
6. Capcedonne L., Pulon R. — Sur la radioactivité des phosphates de la region de Thies. „Comptes Rendus“ 1954, v. 237—II, s. 288.
7. Collins C. B., Farquhar R. M., Russel R. D. — Isotopic constitution of radiogenic leads and the measurement of geological time. „Bulletin of the Geological Society of America“ 1954, v. 66, s. 1.
8. Cooke — Jarborough E. — A counting rate meter of high accuracy. „Proc. Inst. Electrical Engineering“ 1951, v. 98—II, s. 91.
9. Cowper G. — Aerial prospecting with scintillation counters. „Nucleonics“ 1954, nr 3, s. 29.
10. Dachnow W. N. — Interpretacja karotażnych diagram. Moskwa 1948.
11. Elmore W., Sands M. — Electronics experimental techniques. New York 1949.
12. Fearon R. E. — Neutron well logging. „Nucleonics“ 1949, nr 7, s. 30.
13. Grammakow A. G. — Emanacyjnyj (radonowyj) metod polskow issledowanija i razwiedcki radioaktywnych objektow. „Trudy Centralnogo nauczno-issledowatel'nogo geologo-razwiedocznogo instituta“ 1934, wypusk 7.
14. Ives R. L. — Portable Geiger counter problems. „Rocks and Minerals“ 1954, nr 3, s. 227.
15. Yagoda G. — Radioactive measurements with nuclear emulsions. New York 1949.
16. Jakosky J. J. — Exploration geophysics. New York 1950.
17. Jurkiewicz L., Mięśowicz A., Mikucki A. — A G-M counter apparatus for gamma-ray well-logging. „Acta Geophysica Polonica“ 1953, v. 1, s. 187.
18. Lobdell D. S., Buckley E. F., Merritt J. W. — Gamma ray exploration comes of age. „World Oil“ 1954, v. 2, s. 107.
19. de Magnée I. — Observation sur la radioactivité des horizons marins du Westphalien Belge. „Comte Rendu, publié sous la redaction du Geologisch Bureau Heerlen“ 1952, v. 2, s. 429.
20. Markus J., Zelluf U. — Handbook of industrial electronic circuits. New York 1948.
21. Massalski J. M. — Zagadnienia elektroniki związane z licznikami G. M. „Postępy Fizyki“ 1953, t. 4, s. 710.
22. Mięśowicz M. — Badanie promieniotwórczości skał w odwiertach naftowych. „Biuletyn Głównego Instytutu Naftowego“ 1950, nr 1.
23. Patterson C., Tilton G., Inghram M. — Age of the Earth. „Science“ 1955, v. 121, s. 69.
24. Pohl E. — Ein neues Emanometer für Präzisionsmessungen mit vielseitiger Verwendungsmöglichkeit. „Die Naturwissenschaften“ 1954, nr 2, s. 36.
25. Przewłocki K. — Terenowa aparatura do pomiaru promieniotwórczości. (W druku).
26. Reich W., v. Zwerger R. — Taschenbuch der angewandten Geophysik. Leipzig 1949.
27. Riedel O. — Statistical purity in nuclear counting. „Nucleonics“ 1954, nr 6, s. 64.
28. Richter W. — Untersuchungen zum Auffinden von Kohlensäurenstern im Kaliberbau mit geoelektrischen Messmethoden. „Freiberger Forschungshefte“ 1953, Heft c/7, s. 3.
29. Rik O. R. — Mass spektroskopija. Moskwa 1953.
30. Le Roy — Subsurface geological Methods. Colorado 1949.
31. Russel O. J. — Radioassay of potassium in solid samples. „British Journal of Appl. Physics.“ 1952, nr 2, s. 47.
32. Scheel K. C. — Schnellbestimmung des Kaliums in Kalisaltzen durch Strahlungsmessung. „Angewandte Chemie“ 1954, v. 66, s. 102.
33. Shillibeer H. A., Watson K. — Some potassium-argon ages for Ontario. „Science“ 1955, v. 121, s. 33.
34. Smith G. D. — Counting - rate meter. „Electronic Engineering“ 1952, v. 24, s. 14.
35. Szalay S. — The enrichment of uranium in some brown coals in Hungary. „Acta Geologica Hungarica“ 1954, v. 2, s. 299.
36. Sztejnok N. I. — Osnownyje woprosy primienienija radioaktywnych izluczenij w izmieritel'noj technieke. „Uspechi Fiziczeskich Nauk“ 1954, v. 54, s. 231.
37. Swift G. — Simultaneous gamma-ray and neutron logging. „Geophysics“ 1952, v. 17, s. 387.
38. Tiratsoo F. N. — Radioactivity measurements as an aid to geological mapping. International Geol. Congress 1948, v. 5, s. 122.
39. Tittle C. W., Faul H., Goodman C. — Neutron logging of drill holes: the neutron-neutron method. „Geophysics“ 1951, v. 16, s. 626.
40. Wierzbicka Z., Hubicki J. — Powierzchniowy pomiar promieniotwórczości gamma na terenie zdjęcia geochemicznego. „Biuletyn Głównego Instytutu Naftowego“ 1951, nr 5.