

ZASTOSOWANIE BADAŃ PROMIENIOTWÓRCZOŚCI SKAŁ W OTWORACH WIERTNICZYCH

ATOM składa się z dodatnio naładowanego jądra oraz z otaczającej go powłoki ujemnie naładowanych elektronów. W budowie jądra uczestniczą obojętne neutrony i protony opatrzone elementarnymi dodatnimi ładunkami. Protonom i neutronom, zawartym w jądrze i pozostającym w stałej równowadze, nadała fizyka współczesna nazwę nukleonu.

Promieniotwórczość jest to zdolność jąder niektórych pierwiastków do samorzutnej przemiany w inne. Polega ona na samorzutnym wywiązywaniu promieniowania różnego typu w związku ze stopniowym rozpadem i redukowaniem się jąder atomowych. Wiemy, że z ciał promieniotwórczych wyrzucane są oprócz cząstek alfa również elektrony (promienie beta) i promienie natury fal elektromagnetycznych (promienie gamma). Stwierdzono również, iż w pewnych warunkach jądra wyrzucają ze swego wnętrza neutrony oraz pozytrony. Ostatnio okazuje się, że pod działaniem promieniowania kosmicznego możemy zaobserwować występowanie jeszcze innych cząsteczek, które nazwano mezonami.

W świetle badań współczesnych jądro atomowe zdolne jest do wysyłania ze swego wnętrza najrozmaitszych typów cząstek.

Nas interesują promienie gamma, które odkryto dzięki ich właściwości nie uginania się w polu magnetycznym i dość silnym, by wywołać odgięcie cząsteczek alfa i beta.

Promienie gamma są krótkofalowymi promieniami elektromagnetycznymi o długości fali rzędu ułamka angströma. Długości fal tych promieni różnią się od siebie w zależności od ciała radioaktywnego, z którego pochodzą.

Promienie α β i γ różnią się między sobą stopniem przenikliwości

- a) promienie alfa zatrzymywane są przez płytkę aluminiową o grubości 0,04 mm lub 8-centymetrowy pierścień powietrza;
- b) promienie beta przechodzą przez płytkę aluminiową o grubości 5 cm;
- c) największą przenikliwością charakteryzują się promienie gamma, które po przejściu przez warstwę żelaza o grubości 30 cm są jeszcze w stanie jonizować powietrze.

Z wymienionych promieni największą jonizacją odznaczają się promienie alfa, mniejszą beta, a u promieni gamma zjawisko jonizacji jest zjawiskiem wtórnym, gdyż fotony gamma wyzwalają z materii elektrony, a te dopiero jako naelektryzowane wywołują jonizację.

Pierwiastki promieniotwórcze z ich izotopami układają się w cztery rodziny: uranowo-radową, aktywną, torową i neptunową.

Obok wspomnianych pierwiastków promieniotwórczych również izotopy: potasu K^{40} , rubidu Rb^{87} , samaru Sm^{52} , lutecu Lu^{176} i renu Re^{187} odznaczają się słabą promieniotwórczością.

Z geologicznego punktu widzenia spośród ostatnich ma znaczenie tylko potas z uwagi na jego znaczne rozpowszechnienie w przyrodzie. Wydaje on jednak bardzo niski procent promieni gamma w porównaniu z jego całkowitą promieniotwórczością. Wg Astona stosunek emisji ilości cząstek $\gamma/\beta = 0,127 \pm 0,012$, a gram potasu emituje w jednej sekundzie 3,5 kwanta gamma.

Charakterystyczną właściwością pierwiastków promieniotwórczych jest ich różna dla różnych pierwiastków szybkość rozpadu. Określa się ją tzw. stałą rozpadu λ . Stała rozpadu jest to część atomu danego pierwiastka, która rozpada się w jednostce czasu. Bardzo często szybkość rozpadu określa się tzw. okresem połowicznego rozpadu T — jest to czas, w którym połowa z danej liczby atomów ulega rozpadowi. Między stałą rozpadu a okresem połowicznego rozpadu istnieje zależność:

$$T = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln 2$$

Okresy te przybierają wartości od 4560 milionów lat dla U 238 do $0,9 \cdot 10^{-9}$ sek. dla RaC.

Badania próbek nad radioaktywnością skał, wód i gazów wykazały, że wszystkie skały, wody i gazy zawierają pewne ilości elementów radioaktywnych. Koncentracja ich jest jednak bardzo mała. Jedną z najbardziej bogatych rud jest uraninit (blendy smolista), zawierający zaledwie 0,2—0,3 g. radu na tonę rudy. Zawartość pierwiastków promieniotwórczych w skałach jest o tysiące, a nawet miliony razy mniejsza niż w uraninie. Niemniej jednak posiadamy przyrządy pozwalające określić ich radioaktywność. Badań radioaktywności skał, wód i gazów możemy dokonać przy użyciu komory jonizacyjnej lub liczników Geigera-Müllera. Przy pomiarach natężenia promieniowania gamma największe zastosowanie mają liczniki G-M.

Pod względem radioaktywności wszystkie skały możemy podzielić na trzy grupy, odznaczające się:

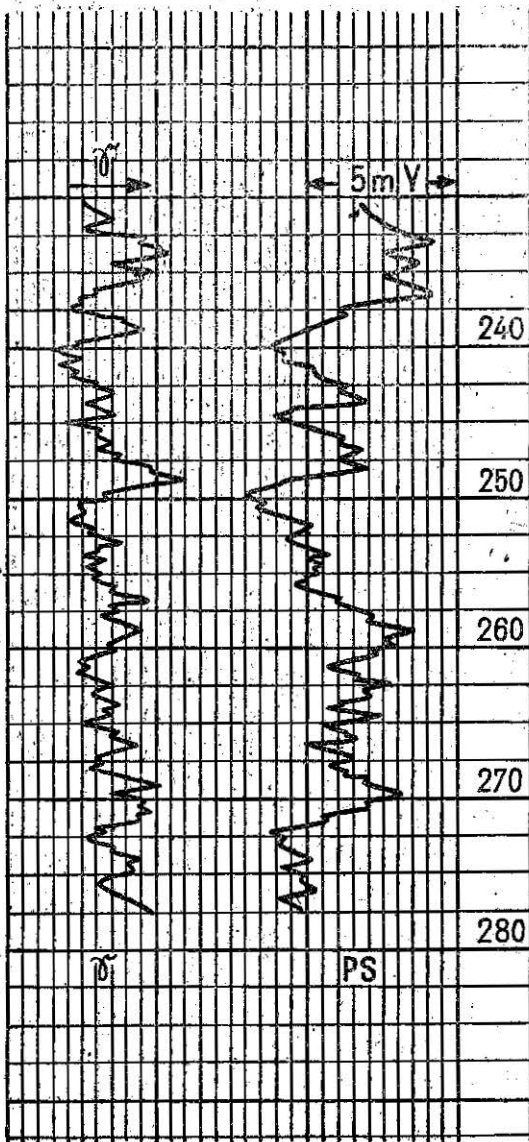
- 1) niską promieniotwórczością
- 2) wysoką promieniotwórczością
- 3) bardzo wysoką promieniotwórczością.

Do grupy skał o niskiej promieniotwórczości należą: piaski, piaskowce, wapienie, dolomity, sole i anhydryty. Iły, gliny i łupki należą do drugiej grupy. Do grupy o bardzo wysokiej radioaktywności należą łupki ilaste, bentonity i inne.

Tak więc na wykresach krzywej gamma szczyty dla piaskowców i wapieni są skierowane w lewo (minima), a dla ilów i łolupków w prawo (maxima).

Radioaktywność skał można określić zawartością pierwiastków promieniotwórczych w gramach na gram skały. Jednostka ta nie znalazła szerszego zastosowania przy oznaczaniu radioaktywności skał z uwagi na różnorodność domieszek pierwiastków promieniotwórczych.

Najczęściej używaną i najbardziej wygodną jednostką porównawczą przy badaniu radioaktywności skał



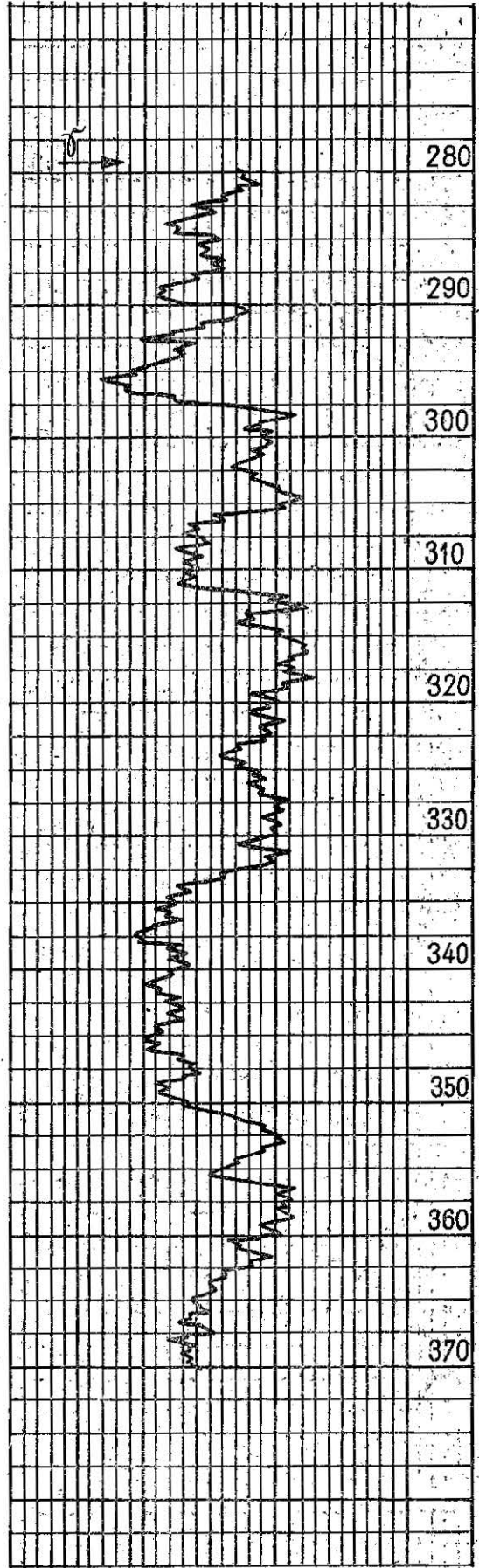
Rys. 1

jest gramrównoważnik radu na gram skały. Gramrównoważnik radu jest to taka koncentracja ciała promieniotwórczego, przy której w jednej sekundzie w jednym gramie następuje rozpad $3,72 \cdot 10^{10}$ atomów, tj. równoważnej ilości atomów ulegających rozpadowi w jednym gramie radu. Jednostkę tysiąc razy mniejszą nazywamy miligramem radorównoważnika.

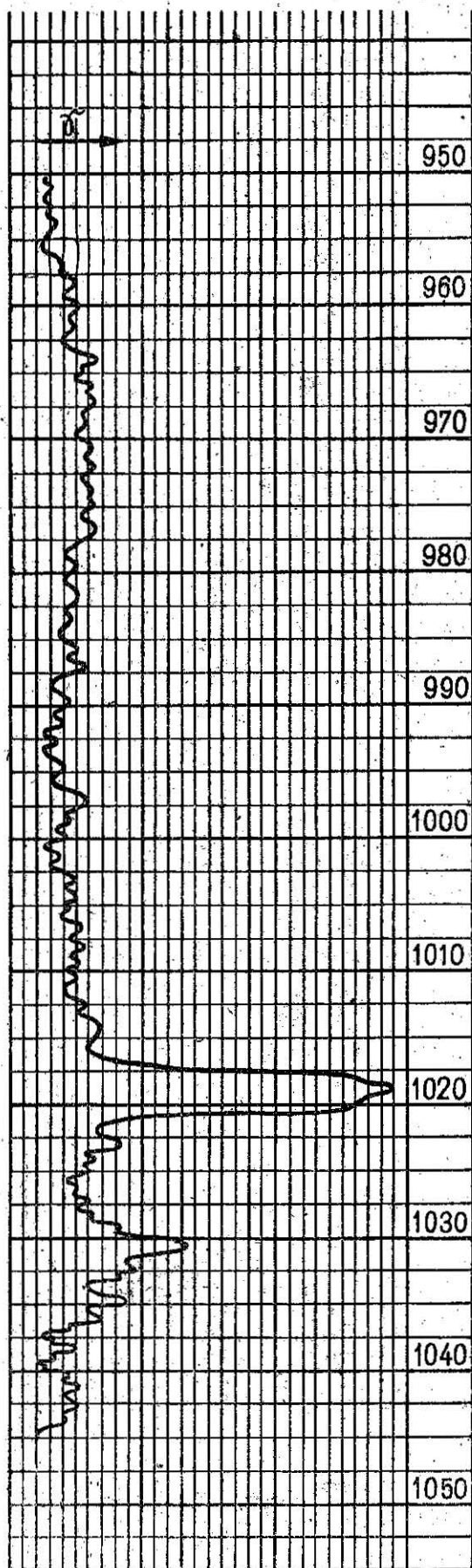
Dachnow podaje, że zawartość substancji promieniotwórczych w głębokowodnych skałach osadowych dochodzi do $90 \cdot 10^{-10}$ grama radu na gram skały. Promieniotwórczość płytkowodnych ilów, margli i glin piaszczystych zawiera się w granicach $2 \cdot 10^{-12}$ do $30 \cdot 10^{-12}$ grama radu na gram skały. Piaski, piaskowce i dolomity mają jeszcze mniejszą zawartość pierwiastków promieniotwórczych, bo wahającą się od $1 \cdot 10^{-12}$ do $8 \cdot 10^{-12}$ grama radu na gram skały.

Według Conelina czarne łupki zawierają 25 do $60 \cdot 10^{-12}$ grama radu na gram skały, piaskowce 0,5 do $5 \cdot 10^{-12}$ sól i węgiel kamienisty do $2 \cdot 10^{-12}$ grama radu na gram skały.

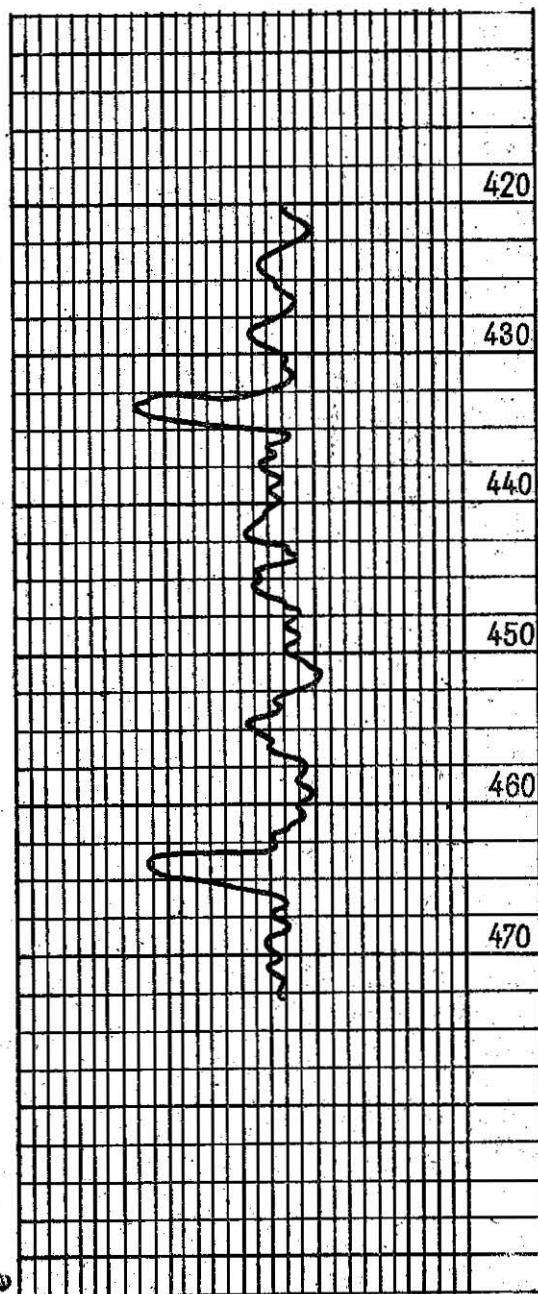
Z zestawień tych widać, że zawartość substancji promieniotwórczych w różnych skałach jest bardzo różna. Ogólnie możemy powiedzieć, że promieniotwórczość skał maleje ze wzrostem zapieaszczenia, a rośnie ze wzrostem zawartości materiału ilastego.



Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4

W czasie pomiaru radioaktywności skał w otworze wiertniczym otrzymujemy krzywą gamma, która charakteryzuje nam zmianę natężenia naturalnego promieniowania gamma wzdłuż odwiertu. Podaje ona nam również litologię warstw, przez które przechodzi otwór. Krzywa gamma jest bardzo podobna do krzywej potencjału własnego warstw PS (rys. 1). Pomiar natężenia naturalnego promieniowania gamma, wykonane w otworze wiertniczym w celu otrzymania profilu geologicznego, noszą nazwę profilowania gamma (w mowie potocznej na określenie profilowania używa się często nazwy rdzeniowanie lub karotaż). Pomiar wykorzystujące natężenie promieniowania gamma, sztucznie wywołane, np. neutronami, noszą nazwę profilowania neutronowego. Praktycznie profilowanie polega na zapuszczeniu do otworu urządzenia noszącego nazwę sondy. Sonda mierzy zmiany fizycznych własności skał wzdłuż otworu wiertniczego. Na podstawie tych zmian, które rejestrujemy na powierzchni w postaci krzywej, możemy wnioskować o litologii warstw, przez które przechodzi otwór. Stosując profilowanie możemy przy

wierceni u zrezygnować z pełnego rdzeniowania, przez co zmniejszamy koszty wiercenia zwiększając jego postęp. Metoda profilowania promieniami gamma posiada specjalne znaczenie ze względu na możliwość stosowania jej w otworach wiertniczych zarurowanych, gdyż jak już wspomnieliśmy, promienie gamma odznaczają się dużą przenikliwością, tak że możemy je rejestrować nawet po przejściu przez stalowe ściany kilku kolumn rurowych.

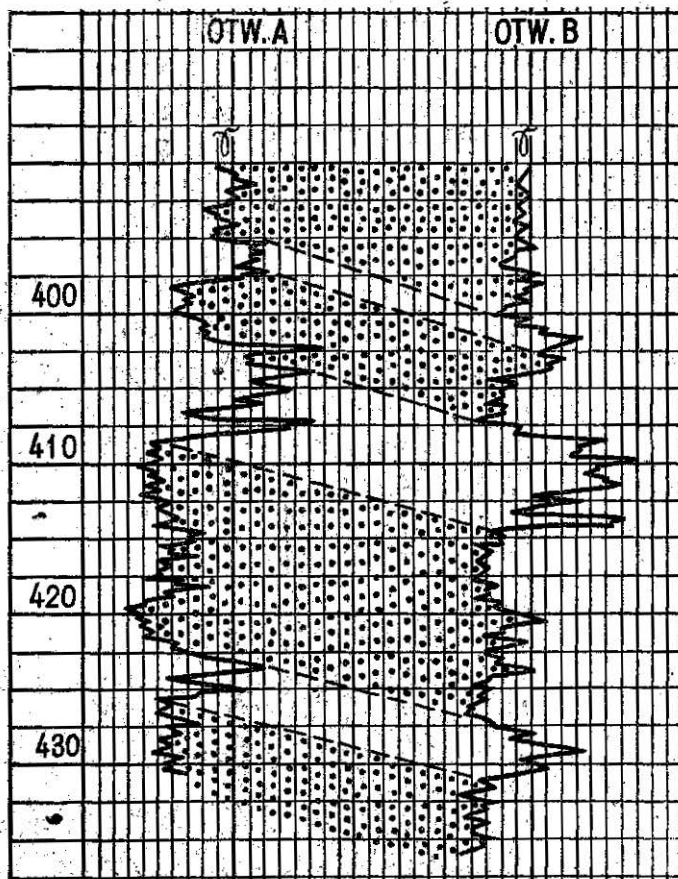
Rysunki 2, 3 i 4 obrazują charakter krzywych otrzymywanych przy pomiarach w otworach wiertniczych wierconych na ropę naftową, sole potasowe i węgiel kamienny. Na krzywej z rysunku 2 możemy wydzielić kilka charakterystycznych horyzontów o niskim stopniu natężenia promieniowania gamma — są to horyzonty piaskowcowe. Boczne elektryczne gradientowe sondowanie wykazało, że horyzont 332—352 m jest rozpoñośnym piaskowcem (rys. 1).

Charakter krzywej z rysunku 3 jest bardzo ciekawy, mianowicie do głębokości 1017 m krzywa gamma jest monotonna, następnie występuje silne maximum i znów obniżenie natężenia promieniowania. Horyzont wykazujący silne maximum jest horyzontem zawierającym sole potasowe. W stropie i spagu tego pokładu mamy sól kamienną, a na głębokości 1030—1032 m anhydryt.

Na krzywej z rysunku 4 daje się łatwo wydzielić dwa minima. Minima te charakteryzują pokłady węgla kamiennego.

Rysunek 5 podaje przykład korelacji warstw dwu sąsiednich otworów wiertniczych.

Z tych kilku przykładów wynika, że profilowanie gamma przyczynia się do rozwoju i do podniesienia poziomu i techniki prac poszukiwawczych.



Rys. 5