

WYKORZYSTANIE SIĘDMIOELEKTRODOWEGO SYNTETYCZNEGO STEROWANEGO PROFILOWANIA OPORNOŚCI DO BADANIA SKAŁ ZBIORNIKÓWYCH O POROWATOŚCI SZCELINOWEJ

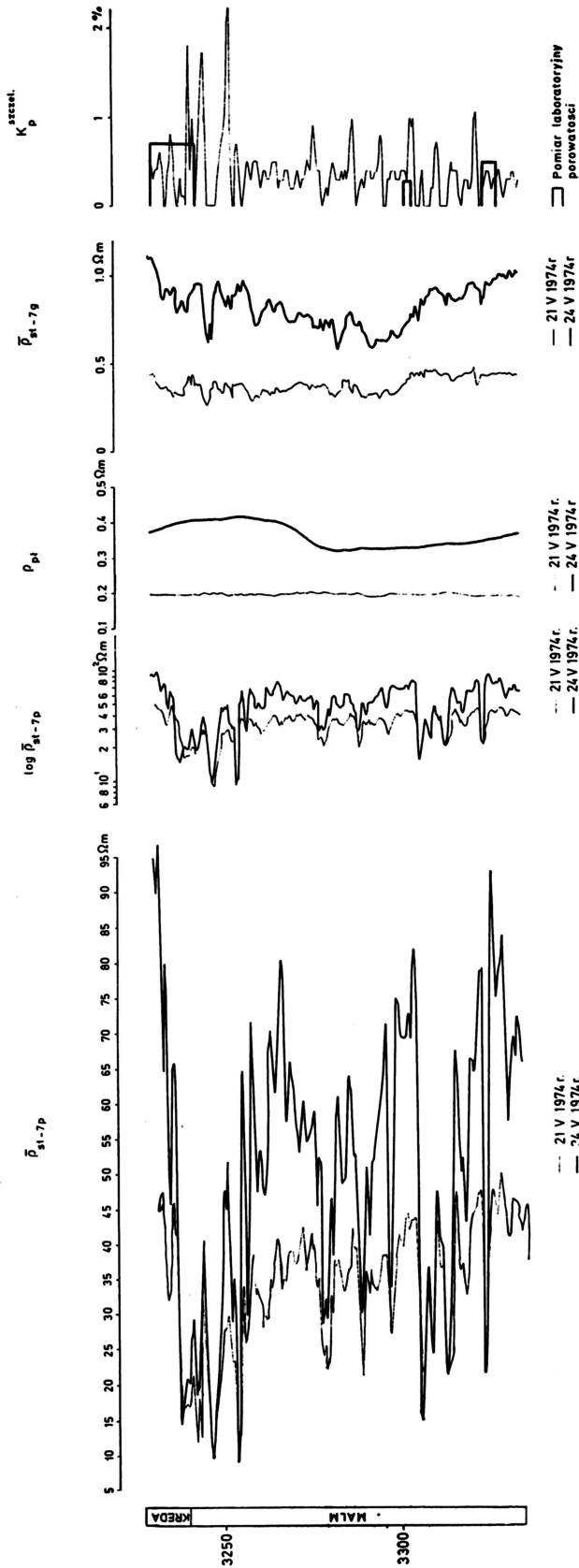
UKD 350.832.74.001.8:553.981/982.064.43/44(438—924.51—191.2)

Znaczna część złóż ropy naftowej i gazu ziemnego wiąże się z węglanowymi skałami zbiornikowymi, o porowatości szelinowej. Dokładna znajomość zagadnień porowatości szelinowej (w ogólnym przypadku porowatości wtórnej) oraz sposobów jej oceny jest więc bardzo istotna. Zasadniczą trudność przy badaniu skał węglanowych stanowi różnorodność oraz złożony charakter ich struktury przestrzeni porowej. Jest to również jedna z istotniejszych przyczyn niejednoznaczności w ocenie własności zbiornikowych kolektorów węglanowych.

W pracy (3) przedstawiono wyniki jakie autor uzyskał przy badaniu szelinowości skał węglanowych w otworach wiertniczych synklinorium pomorskiego i monokliny przedsudeckiej, wykorzystując w tym celu metodę P_{OST}-3 w kompleksie z innymi pomiarami elektrometrycznymi. W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki badań uzyskane przy badaniu szelinowości skał węglanowych, z zastosowaniem metody siedmioelektrodowego, syntetycznego, sterowanego profilowania oporności SPO_{ST}-7 (2). Podano również praktyczne uwagi i wnioski, dotyczące warunków stosowania oraz efektywności wykorzystywanych metod elektrometrii wiertniczej (P_{OST}-3, SPO_{ST}-7), przy badaniu kolektorów węglanowych o porowatości szelinowej „metodą dwóch rozтворów”, na podstawie przeprowadzonych pomiarów eksperymentalnych w otworach wiertniczych.

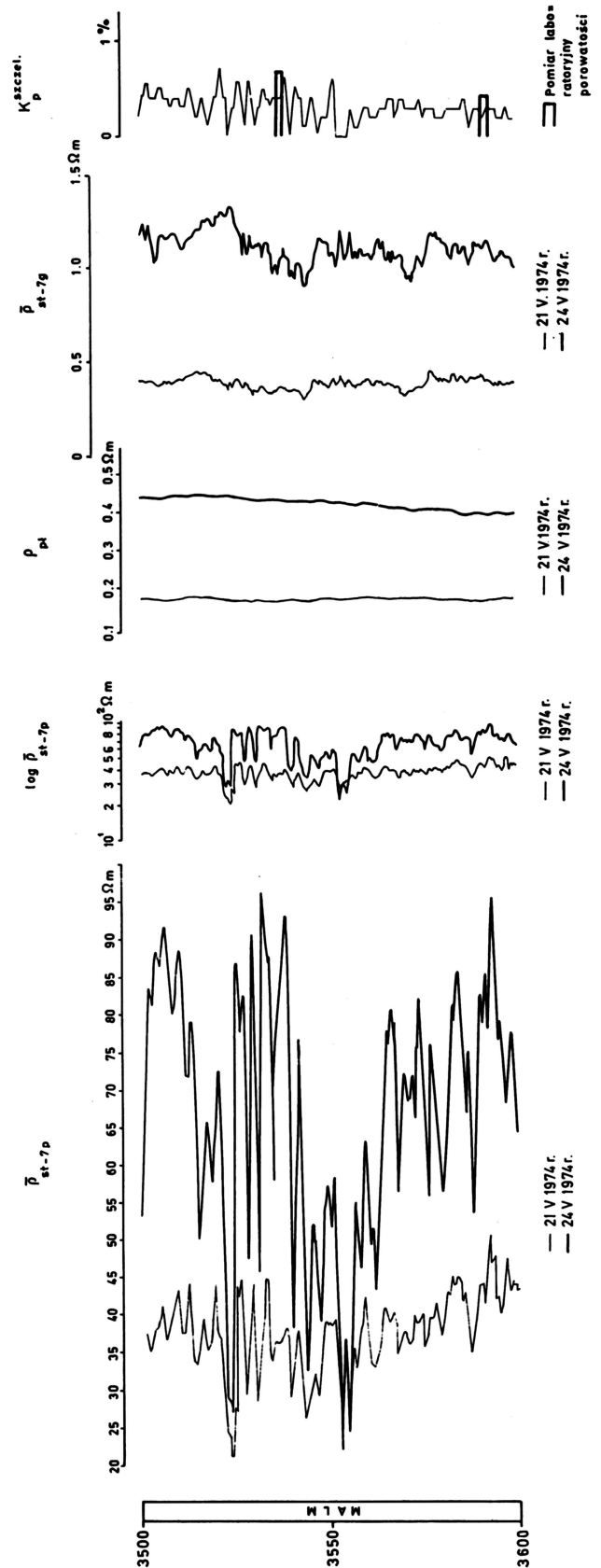
Pomiary sondą siedmioelektrodową przeprowadzono w otworach wiertniczych w rejonie przedgórze Karpat, w węglanowym kompleksie kredowo-jurajskim. Ze względu na warunki wiertniczo-geologiczne w otworach wiertniczych na obszarze przedgórze, odmienne od warunków w rejonie synklinorium pomorskiego czy też monokliny przedsudeckiej, zastosowano odmienną metodykę pomiarową. Większość otwo-

rów w rejonie przedgórze jest bowiem wiercona z użyciem płuczek zmineralizowanych, m. in. ze względu na lepszą stabilność ścian odwiertu; dlatego też pierwszy komplet pomiarowy wykonywano z reguły przy wypełnieniu otworu wiertniczego płuczką zmineralizowaną. Następnie zmieniano parametry płuczki przez zatłaczanie do otworu wiertniczego odpowiedniej ilości wody słodkiej. Powtarzane pomiary wykonywano po stojce otworu, której okres dobierano w zależności od charakteru przekroju geologicznego oraz rodzaju płuczki. Przykłady zarejestrowanych kompletów pomiarowych metodą SPO_{ST}-7, w otworze wiertniczym Z-1, przedstawiono na ryc. 1 i 2. Przy pomiarach w otworze wiertniczym Z-1 zastosowano, dla zmiany parametrów płuczki, zatłaczanie słodkiej wody do otworu oraz stojkę około trzech dób. Stosunek oporności płuczek wynosił średnio ok. 2. Na ryc. 1 i 2 przedstawiono przykłady ciągłych krzywych porowatości szelinowej K_p^{szcel} , które wyznaczono metodą „punkt po punkcie”, stosując zależność podaną w pracy (3). Jak widać z przedstawionych krzywych K_p^{szcel} , zmienia się od wartości zerowej do 2%, przyjmując średnio wartość około 0,4%. Dla porównania podano również wartości porowatości szelinowej wyznaczonej na próbkach rdzeni wiertniczych. Zgodność pomiędzy porowatością szelinową wyznaczoną na podstawie danych metody SPO_{ST}-7, a porowatością wyznaczoną laboratoryjnie jest, jak to widać na załączonych ryc. 1 i 2, bardzo dobra. Pewne różnice w wartościach porowatości wyznaczonych laboratoryjnie oraz „metodą dwóch rozтворów” wynikają z faktu, iż na porowatości szelinowej wyznaczonej „metodą dwóch rozтворów” ma wpływ, m. in. porowatość międzyziarnowa oraz zjawisko dyfuzji, natomiast na porowatość wyznaczoną laboratoryjnie — nieuwzględnienie temperatury i ciśnienia złożowego.



Ryc. 1. Wyznaczanie szczelinowości skał węglanowych metodami elektrometrii wiertniczej (odwiert Z-1, rejon Przedgórze, głęb. 3250—3300 m).

Fig. 1. Measurements of fissurity of carbonate rocks with the use of borehole electrometry methods (Z-1 borehole, Przedgórze area, depth 3250—3300 m).



Ryc. 2. Wyznaczanie szczelinowości skał węglanowych metodami elektrometrii wiertniczej (odwiert Z-1, rejon Przedgórze, głęb. 3500—3600 m).

Fig. 2. Measurements of fissurity of carbonate rocks with the use of borehole electrometry methods (Z-1 borehole, Przedgórze area, depth 3500—3600 m).

Podstawową trudność przy badaniu szczelinowości skał węglanowych z wykorzystaniem metody trójelektrodowego sterowanego profilowania oporności stanowił zagadnienie mechanizmu filtracji płuczki w skały. Nie zawsze bowiem można jednoznacznie stwierdzić, na podstawie danych metody P_{OST}-3, w jakiej części przestrzeni porowej skały nastąpiła wymiana filtratu płuczki. Nie w każdym przypadku można więc w związku z tym wyznaczyć dokładne wartości oporności rzeczywistych oraz parametry strefy filtracji. Z tych też powodów porowatość szczelinową wyznacza się najczęściej z dość dużym błędem, a niekiedy można ustalić jedynie wartości szacunkowe.

Trudności te nie występują w przypadku zastosowania metody S_{POSt}-7, gdyż dysponuje się wówczas znacznie obszerniejszym materiałem pomiarowym. Rejestruje się bowiem jednocześnie co najmniej dwie krzywe sterowanego profilowania oporności oraz cztery krzywe wyjściowe, o różnym zasięgu pomiarowym (na ryc. 1 i 2 podano tylko krzywe siedmioelektrodowego sterowanego profilowania oporności). Łatwo jest więc, dysponując tak obszernym materiałem pomiarowym, wyznaczyć zarówno parametry strefy filtracji, odpowiednie oporności właściwe czy też zależną od nich funkcyjnie porowatość szczelinową.

„Metoda dwóch roztworów” jest jak dotąd jedną z dokładniejszych metod wyznaczania porowatości szczelinowej. Ma ona jednak jak każda metoda swoje zalety i wady. Do zalet „metody dwóch roztworów” zaliczyć można m. in.:

- możliwość wykorzystywania metody dla skał o różnym wykształceniu litologicznym, w tej liczbie również skał szczelinowych zailonnych;
 - możliwość dokładnego wydzielenia warstw przepuszczalnych i oceny porowatości szczelinowej również w przekrojach, gdzie zastosowanie metody PNG jest z pewnych względów utrudnione (duża średnica otworu wiertniczego, duża miąższość osadu ilastego, duże zailenie).
- Do wad „metody dwóch roztworów” należą:
- potrzeba dokonywania w większości przypadków wymiany płuczki w otworze wiertniczym;
 - kłopoty z wykonywaniem powtórnych pomiarów w otworach wiertniczych o dużej ucieczce płuczki, gdzie wymiana płuczki jest utrudniona lub czasem nawet niemożliwa;
 - obniżenie dokładności metody przy ilościowym wyznaczaniu porowatości szczelinowej ze względu na porowatość międzyziarnową oraz zjawisko dyfuzji.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów eksperymentalnych stwierdzono ponadto iż:

- pierwszy komplet pomiarowy (P_{OST}, P_{OP}) najlepiej jest wykonywać przy wypełnieniu otworu wiertniczego płuczka, przy której było prowadzone wiercenie;
- następnie należy dokonać zmiany parametrów płuczki wiertniczej poprzez dodanie do niej odpowiedniej ilości NaCl, NaOH lub wody słodkiej w zależności od mineralizacji płuczki, przy której prowadzono wiercenie;
- po odpowiedniej stójce otworu wiertniczego należy przeprowadzić powtórne pomiary S_{POSt}, tym samym egzemplarzem sondy i w tej samej skali, co pierwszy pomiar P_{OST} oraz pomiar P_{OP}.

Badania eksperymentalne wykazały również, że jeśli przekrój zbudowany jest ze skał wysokooporowych, dobre rezultaty uzyskuje się również wówczas, gdy różnice w opornościach płuczki są niewielkie. W przypadku skał nieskooporowych różnica ta musi być znacznie większa.

Dla uzyskania dobrych wyników konieczne jest, w większości przypadków, aby płuczki różniły się między sobą opornością nie mniej niż 3—5 razy. Niezbędne jest przy tym przestrzeganie zasady, aby oporności płuczek lub przynajmniej jednej z nich nie były zbyt wysokie. Chodzi bowiem o to, co zostało zresztą potwierdzone pomiarami eksperymentalnymi, że największy wpływ na oporność właściwą skały szczelinowej mają filtry płuczek o niskich oporno-

ciach właściwych, natomiast wpływ filtratów o wysokich opornościach jest znikomy. Pomiary eksperymentalne w otworach wiertniczych „metodą dwóch roztworów” wykazały ponadto, że w zasadzie nie ma istotniejszego wpływu na jakość pomiarów fakt, czy pierwsza płuczka wiertnicza jest zmineralizowana czy też nie.

Prace eksperymentalne z zakresu wydzielenia stref szczelinowych oraz ilościowej oceny porowatości szczelinowej skał węglanowych przeprowadzono, wykorzystując zarówno trójelektrodowe sterowane profilowanie oporności (3), jak też i siedmioelektrodowe syntetyczne sterowane profilowanie oporności. Z prac tych wynika, że do oceny porowatości szczelinowej korzystniej jest stosować metodę S_{POSt}-7 niż P_{OST}-3, z uwagi na znacznie większą dokładność uzyskiwanych wyników oraz na możliwość wykonywania pomiarów w otworach wiertniczych o dowolnych głębokościach.

LITERATURA

1. Bał Z. — Wykorzystanie profilowania elektrochemicznego do badania kolektorów szczelinowych. *Prz. geol.* 1965, nr 3.
2. Kozik W. — Siedmioelektrodowe syntetyczne sterowane profilowanie oporności. *Nafta*, 1973, nr 10.
3. Kozik W. — Zastosowanie trójelektrodowego sterowanego profilowania oporności do badania szczelinowości skał węglanowych. *Prz. geol.*, 1978, nr 1.
4. Nieczaj A. M. — Изучение карбонатных коллекторов со сложной структурой порового пространства методом двух растворов. *Tr. SewKawNII*, вып. 10, 1971.

SUMMARY

Seven-electrode synthetic remote resistance logging, S_{POSt}-7, was used for determining fissure porosity of carbonate rocks by "two-solution method". The paper presents results of studies on fissurality of carbonate rocks, carried out using the S_{POSt}-7 method. Measurements were taken in boreholes penetrating Cretaceous-Jurassic carbonate complex in the Carpathian Przedgórze region. There are given examples of sets of measurement data recorded in the boreholes as well as practical comments and conclusions concerning the conditions of use and effectiveness of the used methods of borehole electrometry (P_{OST}-3, S_{POSt}-7) in studies on carbonate collectors with fissure porosity by "two-solution method" on the basis of experimental measurements taken in boreholes. The measurements showed that the S_{POSt}-7 method is more advantageous than the P_{OST}-3 on account of its higher accuracy and usability in boreholes of any depth.

РЕЗЮМЕ

Для определения трещинной пористости карбонатных пород „методом двух растворов” применяется семиелектродный, синтетически управляемый картаж сопротивления S_{POSt}-7. В статье представлены результаты исследований трещиноватости карбонатных пород, проведенных методом S_{POSt}-7. Измерения были проведены в буровых скважинах в районе Предгорья Карпат в карбонатном комплексе мелово-юрского возраста. Приведены примеры наборов измерительных данных зарегистрированных в скважинах, а также практические примечания и предложения в области условий применения и эффективности методов буровой электрометрии (S_{POSt}-3, S_{POSt}-7) для исследования карбонатных коллекторов с трещинной пористостью. Из проведенных экспериментальных измерений видно, что для оценки трещинной пористости лучше применять метод S_{POSt}-7 чем S_{POSt}-3 по виду большей точности получаемых результатов и возможности проведения измерений в скважинах любой глубины.