

Ocena teksturalna i diagenetyczna cechsztyńskich skał węglanowych w świetle badań magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR) i metod towarzyszących

Streszczenie

Możliwości metody magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR) w analizie skał węglanowych, pełniących funkcję zbiornikową w złożach węglowodorów, pozostają w znacznym stopniu niewyczerpane. W szczególności, nie istnieją klarowne procedury bezpośredniego wyznaczania z NMR parametrów takich jak tekstura skały, geometria porów czy złożoność procesów diagenetycznych, kontrolujących jakość skały zbiornikowej. Dzięki bogatej historii diagenetycznej i sedymentacyjnej, silnie urozmaicone, aczkolwiek słabo rozpoznane petrofizycznie węglany rafowe wapienia cechsztyńskiego (Ca1) z rejonu wału wolsztyńskiego (Niż Polski), stanowiły idealny materiał do prac rozwojowych w zakresie NMR. W pracy zaproponowano wprowadzenie do rutynowego użytku metodykę identyfikacji facji skał węglanowych, na podstawie analizy następujących parametrów NMR, uzyskanych w niskim polu magnetycznym (0,05 T): (1) ilość wody wolnej (*Free Fluid Index*, FFI), (2) ilość wody kapilarnej (*Bulk Volume Irreducible*, BVI), (3) ilość wody związanej z łałami (*Clay-Bound Water*, CBW), (4) zmienność krzywej relaksacji poprzecznej (T_2) oraz (5) szerokość pików głównego, oznaczającego pierwszy pik T_2 w obrębie FFI o znaczącej amplitudzie sygnału. Rozważając geometrię porów, ocenie poddano nieregularne vugi i kanały porowe. Ponieważ vugi osiągają znaczne rozmiary, ale różnią się swoimi średnicami z uwagi na ich nieregularność, możliwa była ich identyfikacja z wykorzystaniem pomiaru szerokości pików głównego. Szerokie pików główne, wygenerowane przez rozbieżności w stosunkowo długich czasach relaksacji T_2 , wynikające z różnicy wielkości porów, stanowią więc cechę identyfikacyjną dla vugów. Wykorzystanie NMR w niskim polu magnetycznym umożliwiło ponadto wstępną lokalizację szczelin i kanałów porowych w próbkach zawierających izolowane i/lub podwójne pików na zbadanych przestrzennie krzywych T_2 . Opracowany schemat rozpoznawania przestrzeni kanałowej zakłada także połączenie analiz NMR w wysokim polu magnetycznym 9,4 T (*Zero Echo Time Imaging*, ZTE) oraz mikrotomografii rentgenowskiej (μ CT), umożliwiające otrzymanie w bardzo krótkim czasie informacji o geometrii porów i stopniu ich nasycenia wodą.

W wyniku przeprowadzonych prac, opracowano opartą o NMR technikę identyfikacji sześciu facji węglanowych, w rozumieniu klasyfikacji Dunhama. Zidentyfikowano vugi, szczeliny oraz kanały z rozpuszczania. Ustalono, że obecność stylolitów zaznacza się podwyższonymi wartościami CBW oraz BVI, zaś intensywna cementacja powoduje dużą zmienność krzywej T_2 . Przeprowadzone równoległe, kontrolne badania petrograficzne, pozwoliły wykazać, że kawerny i duże moldy związane były głównie z rozpuszczonymi muszlami małży i ramienionogów, podczas gdy wąskie i kręte kanały porowe odpowiadały rozpuszczaniu muszli otwornic płożących i małżoraczków.

Stwierdzono, że badania NMR, zarówno w niskim, jak i w wysokim polu magnetycznym, umożliwiają identyfikację tekstury skały węglanowej, wstępną ocenę diagenetyczną skały, jak również wnikliwą analizę geometrii jej przestrzeni porowej. Opracowane procedury mogą być stosowane w analizie węglanowych poziomów gazo- i roponośnych Polski i świata. Jednakże duże zróżnicowanie produktów diagenetyki może prowadzić do modyfikacji krzywej T_2 , dlatego w takich przypadkach rekomenduje się wykonanie kontrolnych analiz petrograficznych.

Słowa kluczowe

Magnetyczny rezonans jądrowy, skały węglanowe, perm, kanały porowe, vugi, facje, rafy