

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Adama Fheeda pod tytułem „Ocena teksturalna i diagenetyczna cechsztyńskich skał węglanowych w świetle badań magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR) i metod towarzyszących”, wykonanej pod kierunkiem dr hab. Anny Świerczewskiej. Promotor pomocniczy dr hab. Artur Krzyżak.

Praca składa się z dwóch części: pierwszej, zawierającej wprowadzenie, uzasadnienie celu pracy, opisy metod i procedur oraz dyskusję wyników i drugiej, zawierającej cykl publikacji wchodzących w skład rozprawy. Spis literatury części I zawiera 73 pozycje literaturowe. Publikacje zamieszczone w części drugiej są trzy:

1. Fheed A., Krzyżak A. 2017: “Textural and diagenetic assessment of the Zechstein Limestone carbonates, Poland using the transverse Nuclear Magnetic Resonance relaxometry”, *Journ. of Petroleum Science and Engineering*, 152: 538-548
2. Fheed A., Krzyżak A., Świerczewska A. 2018: „Exploring a carbonate reef reservoir – nuclear magnetic resonance and computed microtomography confronted with narrow channel and fracture porosity”, *Journ. of Applied Geophysics*, 151:343-358
3. Fheed A. 2019: The impact of fossils on diagenetically controlled reservoir quality: the Zechstein Brońsko Reef (Upper Permian, W Poland)”, *Annales Societas Geologorum Poloniae*, 89: 47-81

We wszystkich trzech wkład doktoranta jest dominujący (jest to odpowiednio 80%, 75% oraz 100%). Podsumowując, z formalnego punktu widzenia recenzowana rozprawa spełnia wszystkie wymagania.

Podział omawianych zagadnień między pierwszą i drugą częścią rozprawy jest wyraźny. W pierwszej nie ma ani jednego wykresu czy też tabeli z wynikami badań. Jest natomiast omówienie otrzymanych wyników (z powoływaniem się na zamieszczone trzy publikacje), wszechstronna dyskusja otrzymanych wyników ze szczególnym uwzględnieniem nowych możliwości interpretacyjnych stworzonych przez zastosowanie metody

magnetycznego rezonansu jądrowego w całym, petrofizyczno - petrograficznym kompleksie pomiarowym i następnie dyskusja otrzymanych wyników.

Zamieszczone w drugiej części publikacje przynoszą pełną dokumentację wykonanych prac doświadczalnych (tabele wykresy, zdjęcia mikroskopowe, do przekrojów geofizyki otworowej włącznie + appendix do publikacji III zawierający kompilację otrzymanych wyników w postaci tabelarycznej). Udokumentowane są ilości pomiarów i miejsca pobrania próbek do analiz (odwierty, głębokości). Również w załączonych publikacjach są wyczerpujące dane dotyczące wykorzystania archiwalnych wyników badań (jest to niezbędne, choćby ze względu na konieczność stworzenia podkładu geologiczno - geofizycznego).

Zasadniczym celem pracy Doktoranta było rozszerzenie możliwości interpretacyjnych badań metodą magnetycznego rezonansu jądrowego w petrofizyczno – petrograficznym kompleksie badawczym, przy czym Doktorant od razu zdawał sobie sprawę, że można dyskutować o tym dla konkretnych wydzielen geologicznych. W pracy wykorzystano rafowe utwory wapienia podstawowego na Niżu Polskim. Badania interpretacyjne (i słusznie) szły w dwóch kierunkach: znalezienia wszelkich możliwości rozszerzenia wiedzy o badanych obiektach (a co za tym idzie w którym miejscu kompleksu badawczego umieścić wyniki badań magnetycznego rezonansu jądrowego i jakie nowe możliwości interpretacyjne przynoszą) i drugim na ile wykonane pojedynczo badania magnetycznego rezonansu jądrowego mogą mieć zastosowanie wskaźnikowe w dalszych badaniach. To drugie dotyczy głównie geologii naftowej a więc chodzi tu również o czas i koszt wykonywania badań.

W analizach utworów wapienia podstawowego Doktorant wykorzystał badania sedimentologiczne, diagenetyczne, paleontologiczne, klasyczne badania petrofizyczne, oraz badania morfologii przestrzeni porowej. Wykorzystał obok pomiarów magnetycznego rezonansu jądrowego, badania tomografii komputerowej, badania mikroskopowe, badania z wykorzystaniem katodoluminescencji, badania mikroskopem elektronowym, klasyczne badania porowatości i przepuszczalności oraz wyniki badań geofizyki otworowej.

Wykonanie tak szerokiego zestawu badań umożliwiło wydzielenie dla węglanowych utworów wapienia podstawowego facji, biofacji, scharakteryzowanie procesów diagenetycznych oraz powiązanie wyników tych badań z morfologią przestrzeni porowej. Analiza wyników otrzymanych metodą magnetycznego rezonansu jądrowego w powiązaniu z wynikami innych metod badawczych pozwoliła na prezentację nowych możliwości interpretacyjnych tej metody oraz na realizację głównej tezy rozprawy (tj. „oceny teksturalnej i diagenetycznej cechsztyńskich skał węglanowych ...”).

Dodatkowym aspektem było wykonanie badań i potwierdzenie zasadności zastosowania badań magnetycznego rezonansu jądrowego w wysokim polu magnetycznym dla skał węglanowych. Obejmowało ono obrazowanie metodą Zero Echo Time Imaging (ZTE), która w powiązaniu ze wstępnymi badaniami tomograficznymi umożliwiła poprawny opis geometrii przestrzeni porowej analizowanych obiektów (metoda ZTE reaguje na wypełnienie wodą poszczególnych elementów przestrzeni porowej, co umożliwia prześledzenie realnych połączeń porów).

Z uchybień formalnych należy wspomnieć o niezrozumiałym stosowaniu angielskiej terminologii, w sytuacji gdy wszystkie obiekty nazywane przez Doktoranta po angielsku mają swoje stosowane i ugruntowane nazwy w języku polskim. Wrażenie chaosu pogłębia fakt że niektóre z nich są odmieniane normalnie, a niektóre z apostrofem (np.: vugów ale bindstone'ów). Brakuje również spisu oznaczeń i skrótów często używanych przez Doktoranta w tekście rozprawy (np. obrazowanie ZTE polega na zbieraniu punktów na krzywej FID po każdym impulsie RF. Dzięki temu taki rodzaj obrazowania jest szybszy niż SPI).

Występujące w równaniu 8 wielkości „m” i „n” nie są eksponentami (nie są eksponentami nawet w żargonie matematycznym).

Pewien niedosyt związany jest w ewentualnymi możliwościami wykorzystania otrzymanych wyników z geologii naftowej (przy czym nie chodzi tutaj o rozszerzanie zakresu badań lecz o wykorzystanie tego co zostało zrobione). We wnioskach Doktorant stwierdza: ”Badania NMR mogą być wykorzystane do wstępnej identyfikacji tekstury skały węglanowej pod warunkiem kontroli uzyskanych wyników z wykorzystaniem metod tradycyjnych”. Z punktu widzenia geologii naftowej cenne byłoby stwierdzenie: metoda magnetycznego rezonansu jądrowego pozwala na szybkie wydzielenie facji zbiornikowych w badanych profilach (bez wgłębiania się w ich parametry).

Tym niemniej należy stwierdzić, że wymienione uchybienia nie obniżają merytorycznej oceny rozprawy, zaś odnośnie geologii naftowej Doktorant widocznie uznał, że przebadana ilość próbek skalnych nie upoważnia go do bardziej jednoznacznych wniosków.

Reasumując:

- Doktorant wykazał się znajomością nowoczesnych metod analitycznych i numerycznych, wiedzą geologiczną i petrologiczną, zaś uzyskane wyniki poprawnie zinterpretował,
- Doktorant przebadał i udokumentował nowe możliwości interpretacyjne badań z zastosowaniem magnetycznego rezonansu jądrowego w petrofizyczno - petrograficznym kompleksie badawczym

- Doktorant zastosował omówił i przedyskutował zasadność badań NMR w wysokim polu magnetycznym
- Doktorant przedyskutował ograniczenia zaproponowanych metod interpretacyjnych dotyczące typów wydzielen geologicznych i rodzajów skał
- Doktorant wykazał również możliwości zastosowania metody NMR w geologii naftowej

Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w dziedzinie „Nauki o Ziemi i środowisku” zaś dobór metod badawczych, ich interpretacja oraz powiązanie ze stanem badań na świecie w tej dziedzinie świadczy o ogólnej wiedzy teoretycznej. Rozprawa spełnia wszystkie warunki określone w art.13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Recenzent wnioskuje o dopuszczenie mgr inż. Adama Fheeda do dalszej części przewodu doktorskiego.

