

Dr hab. Piotr Such

Kraków, 17.08.2021

Instytut Nafty i Gazu – PIB

Kraków, ul. Lubicz 25A

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Patrycji Waszczuk pt. „Wpływ minerałów ilastych na sorpcję metanu i dwutlenku węgla na łupkach sylursko - ordowickich” wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Marcina Lutyńskiego, prof. PŚ, promotorem pomocniczym jest dr inż. Aleksandra Koterias

Praca składa się z dwóch części (teoretycznej i badawczej) oraz spisu literatury. Część teoretyczna została potraktowana bardzo szeroko. Oprócz charakterystyki minerałów ilastych, zawiera opis budowy geologicznej łupków polskich, stan poszukiwań gazu w łupkach, aspekty środowiskowe jego wydobywania oraz możliwości sekwestracji CO₂ w łupkach, jak również krótki opis zagrożeń związanych z globalnym ociepleniem.

Część badawcza zawiera wszystkie konieczne elementy: dobór prób, opis aparatury, metodykę badań, analizę otrzymanych wyników oraz rachunek błędów. Tą część pracy kończy analiza możliwości zatłaczania dwutlenku węgla w pokłady skał łupkowych.

Pracę kończy bibliografia zawierająca 151 pozycji.

W części pierwszej, obok części wstępnej służącej do podania programu badań wpływu minerałów ilastych na sorpcje metanu i dwutlenku węgla (podstawowe definicje, istniejące teorie, wybór metody badań) do których nie ma zastrzeżeń, jest szereg nieścisłości lub niezbyt profesjonalnych określeń w podrozdziałach dotyczących polskich łupków, aspektów środowiskowych, czy globalnego ocieplenia. Nie mają one wpływu na merytoryczną ocenę rozprawy, natomiast jeśli rozprawa ma być opublikowana należy dokonać poprawek tekstu.

Chodzi to o:

-nie pokłady ropy i gazu a złoża

-nazwa używana skały to czerwony spągowiec a nie spągowiec czerwony

- nie istnieje niskie zaleganie lecz złoża płytko położone

-w praktyce używane jest sformułowanie „hydrauliczne rozerwanie skał zbiornikowych”. W skałach łupkowych przepływ gazu odbywa się głównie przez dyfuzję, produkcja z odwiertu jest więc proporcjonalna do powierzchni przez którą gaz dyfunduje do przestrzeni w których odbywa się przepływ Darcy’ego i to jest zasadnicze znaczenie szczelinowania (stworzenie

dwóch stosunkowo bardzo dużych powierzchni). Drugim efektem jest oczywiście stworzenie dróg migracji dla przepływu swobodnego gazu do odwiertu (nie trzeba go pompować)

Stwierdzenie, że zasoby czerwonego spągowca są zużyte jest skrajnie pesymistyczne. Stwierdzenie skrajnie optymistyczne brzmi: zasoby czerwonego spągowca są ledwo napoczęte. Prawda leży gdzieś w środku. Basen czerwonego spągowca jest ogromnym basenem o miąższościach dochodzących do 3000m. Parametry petrofizyczne pozwalają szacować, że w tym basenie złoża mogły powstać na dowolnej głębokości. Metan migrował z zalegających poniżej i obocznie skał karbonu. Są w dalszym ciągu szanse na odkrycie dużych złóż konwencjonalnych i niekonwencjonalnych w głębiej zalegających utworach czerwonego spągowca.

Przepuszczalność nie ma żadnego wpływu na powstawanie gazu natomiast ma wpływ na powstawanie złóż gazu.

Gazy cieplarniane nie uszczelniają lecz ograniczają wypromieniowanie ciepła z atmosfery.

Co to są szczelne struktury oceaniczne? Jeśli to są porowate struktury wodonośne zalegające pod dnem oceanów to są one bezpieczniejsze od analogicznych struktur na lądzie. Potencjalna nieszczelność spowoduje jedynie bulgotanie na powierzchni oceanu, a nie np. wytrucie najbliższej wsi.

Przechodząc do meritum:

Badania były wykonywane a ramach projektu Polsko- Norweskiej Współpracy badawczej w latach 2014 – 17 „Fizykochemiczne efekty sekwestracji CO₂ w lupkach gazonośnych na Pomorzu (SHALESEQ). Próbkę zostały pobrane przez firmę zewnętrzną, zaś ich opis makroskopowy został wykonany przez mgr Joannę Roszkowską –Remin z PIG – PIB. Jest to w pracy wyraźnie pokazane jak również moment od którego Doktorantka zaczyna opis własnego osiągnięcia naukowego.

Doktorantka zaproponowała sposób badania sorpcji, metodykę pomiaru, sposób przygotowania prób do badań oraz przebieg eksperymentu. Przygotowała również próbki do badań. W sumie wykonała 48 analiz dla 12 prób obejmujących pomiary sorpcji metanu i dwutlenku węgla w temperaturach 50 i 80 stopni z pełnym uzasadnieniem przyjętych parametrów badań. Rezultatem były doświadczalne izotermy sorpcji. Następnym etapem pracy było dopasowanie modelu sorpcji. Zarówno badania doświadczalne jak i wyniki obliczeń modelowych zostały w pełni przedstawione w rozprawie. Analizując otrzymane wyniki Doktorantka stwierdziła zdecydowaną dominację TOC w procesie sorpcji. Aby udowodnić tezę doktoratu, należało zniwelować efekt sorpcji na TOC. Zostało to wykonane przy założeniu, że sorpcja odbywa się wyłącznie w materiałach o właściwościach sorpcyjnych i że jest proporcjonalna do ich

powierzchni właściwej. Analiza statystyczna skorygowanych wyników została wykonana przy zastosowaniu testu t – Studenta w celu określenia istotności otrzymanych różnic w wynikach. Analiza wykazała, że wartości pojemności sorpcyjnej uzyskiwane dla próbek o różnej zawartości minerałów ilastych są statystycznie istotnie zróżnicowane.

Badania kończy analiza błędów w przeprowadzonych pomiarach i obliczeniach modelowych. Końcowym elementem rozprawy jest określenie gazopojemności wytypowanych skał pod kątem możliwości zatłaczania dwutlenku węgla do skał łupkowych. W podsumowaniu Doktorantka opisuje osiągnięte rezultaty. Stwierdza, że istnieje związek pomiędzy pojemnością sorpcyjną łupków ordowicko – sylurskich, a zawartością w nich minerałów ilastych. Podkreśla też, że ten wpływ jest niejednorodny i zależy od budowy tych minerałów.

Praca jest poświęcona łupkom sylursko – ordowickim, tym niemniej przyjęte i przetestowane przez Doktorantkę metody badawcze będą mogły być zastosowane dla innych skał niekonwencjonalnych o dużej zawartości minerałów ilastych.

Reasumując:

-Doktorantka wykazała się znajomością nowoczesnych metod analitycznych i numerycznych, zaś uzyskane wyniki poprawnie zinterpretowała,

-Doktorantka wykazała wpływ minerałów ilastych na sorpcję metanu i dwutlenku węgla w różnych warunkach (wydzieliła również trendy dla poszczególnych grup minerałów),

-Praca ma również charakter użyteczny, przyniosła konkretne wyniki odnośnie możliwości sekwestracji dwutlenku węgla przy wykorzystaniu zjawiska sorpcji.

Rozprawa obejmuje wszystkie elementy: od zaprojektowania eksperymentu przez jego wykonanie, analizę i interpretację kończącą się wnioskami.

Z 48 wyników badań 9 trzeba było odrzucić. Wyniki okazały się błędne na skutek rozszczelnienia się aparatury. Wyniki dla tych pomiarów oszacowano na podstawie korelacji TOC z pojemnością sorpcyjną. I tu należałoby wstawić kilka zdań komentarza dlaczego tak zrobiono (w kontekście testu t-Studenta) i jakie są finalne efekty.

Strona 77 rozprawy: Zdanie „Dla minerałów ilastych została przyjęta wartość uśredniona 79m/g” (powierzchnia właściwa). Tu przydałoby się dwa zdania komentarza.

Byłoby dobrze gdyby rysunki 3.31 i 3.32 miały opisane osie

Reasumując:

-Doktorantka wykazała się umiejętnością projektowania badań, znajomością nowoczesnych metod analitycznych i statystycznych, zaś uzyskane wyniki poprawnie zinterpretowała,

- Praca oprócz czysto naukowego ma również charakter użyteczny, przyniosła konkretne wyniki odnośnie możliwości składowania dwutlenku węgla w skałach o znacznej zawartości minerałów ilastych

Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w dziedzinie „Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka” 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. Patrycji Waszczuk do dalszej części przewodu doktorskiego.

