

dr hab. inż. Norbert Skoczylas, prof. IMG PAN
Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk
ul. Reymonta 27
30-059 Kraków
tel. 504 374 473
skoczylas@imgpan.pl

Szanowna Pani

prof. dr hab. inż. Czesława Rosik-Dulewska, czł. koresp. PAN
Przewodniczący
Rady Naukowej
Głównego Instytutu Górnictwa

Recenzja

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Patrycji WASZCZUK na temat
„Wpływ minerałów ilastych na sorpcję metanu i dwutlenku węgla na łupkach sylursko-
ordowickich”

 1

1. Wprowadzenie

Niniejsza recenzja została sporządzona w odpowiedzi na pismo NSR/223/2021 z dnia 26.07.2021 r.

2. Zawartość rozprawy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Patrycji Waszczuk zatytułowana jest „Wpływ minerałów ilastych na sorpcję metanu i dwutlenku węgla na łupkach sylursko-ordowickich”. Promotorem pracy jest dr hab. inż. Marcin Lutyński, prof. PŚ, natomiast promotorem pomocniczym dr inż. Aleksandra Koterias.

Praca liczy ogółem 123 strony, włączając wykaz użytych oznaczeń i indeksów, spis literatury w ilości 152 pozycji, spis rysunków oraz załączniki. Rozprawa składa się z 3 głównych rozdziałów, zakończonych podsumowaniem.

W rozdziale 1 „Wprowadzenie” Autorka przytacza argumenty o charakterze środowiskowym i ekonomicznym, przemawiające za celowością prowadzonych badań. Argumentacja dotyczy najważniejszych światowych problemów związanych z wydobyciem surowców energetycznych, w tym gazu łupkowego, krajowych zasobów gazu łupkowego oraz problemów technologicznych. Następnie Autorka przedstawia cel i zakres pracy. Doktorantka w pracy podejmuje się zbadania wpływu zawartości minerałów ilastych na pojemność sorpcyjną łupków sylursko – ordowickich względem dwutlenku węgla i metanu. Autorka wskazuje, że w przeciwieństwie do większości badaczy, skupi się na łupkach ilastych, w przypadku których zawartość całkowita materii organicznej jest stosunkowo niewielka. Teza pracy sformułowana przez autorkę brzmi: „Istnieje związek pomiędzy zawartością minerałów ilastych grupy montmorylonitu, illitu, chlorytu i kaolinitu a sorpcją dwutlenku węgla i metanu na łupkach sylursko – ordowickich...”.

W rozdziale 2, zatytułowanym „Część teoretyczna”, doktorantka zamieściła szerokie kompendium wiedzy na temat budowy geologicznej łupków w Polsce, dotychczasowy stan

poszukiwań złóż gazu łupkowego w Polsce oraz geologiczny i fizyko-chemiczny opis badanych minerałów. Przedstawiła także aspekty środowiskowe wydobycia gazu łupkowego w Polsce. Opisała też koncepcje składowania dwutlenku węgla w łupkach. Omówiła zjawisko sorpcji, w tym modele sorpcji oraz obecny stan wiedzy dotyczący sorpcji dwutlenku węgla i metanu na łupkach.

Najważniejsza część pracy zawarta została w obszernym **rozdziale 3 zatytułowanym „Część badawcza”**. Przedstawiony został Harmonogram badań, materiał badawczy, metodyka badawcza, w tym opisana została aparatura badawcza. Przedstawione zostały wyniki bezpośrednich pomiarów oraz dalsze analizy, w szczególności uwzględniające korekcje wyników dążącą do zredukowania wpływu sorpcji mającej miejsce na TOC (total organic content).

3. Ocena rozprawy

a) Poziom naukowy pracy

Oceniana praca zawiera krytyczną analizę stanu wiedzy przeprowadzoną na bazie przeglądu literatury oraz prace eksperymentalne wraz z interpretacją ich wyników, które znakomicie uzupełniają niszowe obszary z analizowanego zakresu. Te dwa elementy stanowią podstawę działalności naukowej. Doktorantka metodami naukowymi osiąga podstawowy cel pracy – wykazuje związek pomiędzy zawartością minerałów ilastych grupy montmorylonitu, illitu, chlorytu i kaolinitu a sorpcją dwutlenku węgla i metanu na łupkach sylursko – ordowickich. Analiza stanu wiedzy obejmuje: opis minerałów wchodzących w skład łupków poddanych badaniom, opis budowy geologicznej Polski z uwzględnieniem obszarów zajmowanych przez łupki i rozpatrywanych jako złoża gazu łupkowego, aspekty środowiskowe wydobycia gazu łupkowego, możliwości zatłaczania dwutlenku węgla w pokłady łupków, zagrożenia związane z nadmierną emisją dwutlenku węgla i pozostałych gazów cieplarnianych, opis modeli sorpcji oraz ich zastosowanie w świetle sorpcji gazów na naturalnych materiałach porowatych. Charakterystyka łupków uwzględnia analizę cech wpływających na ich właściwości sorpcyjne.

Część badawcza została poprawnie zaprojektowana. Autorka przeprowadziła badania, mające na celu potwierdzenie prawdziwości postawionej tezy. Dokonała niezbędnych obliczeń oraz wykonała rachunek błędów związany z niedoskonałością zastosowanych narzędzi.

Wpływ zawartości minerałów ilastych na pojemność sorpcyjną łupków jest stosunkowo niewielki i skutecznie przysłaniany przez zawartość materii organicznej. W tym kontekście bardzo wysoko oceniam próbę odseparowania wpływu poszczególnych komponentów tworzących łupki na ich całkowitą pojemność sorpcyjną.

Niewątpliwie przeprowadzone badania stanowią znaczący wkład autorki w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

b) Struktura rozprawy i wrażenia estetyczne

Przedstawiona do recenzji dysertacja została przygotowana bardzo starannie. Posiada przemyślaną strukturę, zgodną z obowiązującymi standardami. W mojej opinii autorka mogłaby rozważyć podział rozdziału 3 – „część badawcza”, którego objętość stanowi 65 ze 103 stron zasadniczej części pracy, na kilka rozdziałów. W mojej opinii korzystne byłoby rozdzielenie opisu materiału badawczego, metodyki badawczej, wyników badań, ich statystycznej analizy oraz wniosków. Prawdopodobnie poprawiłoby to przejrzystość pracy.

Autorka poprawnie zapisuje równania, opisuje tabele, wykresy i rysunki. Stosuje symbole wcześniej zdefiniowane. Jakość zdjęć, schematów i pozostałych rysunków jest na wysokim poziomie. Jedynie mapki z rozdziału drugiego (rysunki 2.1 oraz 2.2) są niskiej jakości, co utrudnia ich interpretację. Zalecane jest rozważenie ich przerysowania w programie graficznym, bądź pozyskanie ich odpowiedników w lepszej jakości. Dobrą praktyką byłoby także oznaczanie przebiegów kolejnych izoterm tym samym kolorem dla poszczególnych próbek.

c) Uwagi krytyczne

Przedstawioną pracę naukową w całości oceniam bardzo wysoko. Na etapie jej lektury nasuwały się jednak pewne uwagi, pytania i komentarze, które w kolejności chronologicznej zostały spisane poniżej.

- Próbki skał zostały zmielone w młynie kulowym, wysuszone i odgazowane. Jestem świadomy, że każda procedura badawcza wymaga przyjęcia pewnych założeń, jednak oczekiwałbym w tym miejscu dyskusji, argumentującej konieczność takiego sposobu przygotowania próbek.
- Autorka w rozdziale 3.3.2 stwierdza, że *wielkość ziaren sorbentu nie ma przełożenia na wartości parametrów sorpcyjnych..*, jest to dla mnie logiczne, jeśli analizujemy węgiel

kamienny, jednak czy w przypadku materiału jakim są łupki także możemy stwierdzić to jednoznacznie? Łupki podczas próby wydobywania gazu podlegają hydroszczelinowaniu. W efekcie udostępniana jest przestrzeń porowa do procesów sorpcyjnych. Chciałbym usłyszeć uzasadnienie tezy – czy w warunkach naturalnych, bądź po hydroszczelinowaniu mamy dostęp do przestrzeni porowej w stopniu takim samym, jak w materiale zmielonym? Czy potencjalne różnice nie przełożą się na zdolności sorpcyjne?

- W rozdziale 3.3.2 pada stwierdzenie, że hel nie sorbuje, gdyż ma niewielką masę cząsteczkową – proszę o szersze wyjaśnienie tej interpretacji. ?
- W przypadku aparatury wolumetrycznej, jednym z najważniejszych etapów analizy surowych wyników jest bilans gazu wykonany za pomocą równań stanu gazu. Autorka wymienia użyte równania (rozdział 3.3.3), jednak brakuje mi odpowiedniej argumentacji wyboru i krótkiego opisu tych równań.
- Na rysunku 3.5, zawierającym dopasowania Langmuira do izotermy sorpcji nadmiarowej metanu w 50°C, krzywa SQ633.18 osiąga wyraźne maksimum, po którym jest malejąca – jak to wytłumaczyć w kontekście równania Langmuira?
- Redukcja wpływu sorpcji zachodzącej na TOC jest moim zdaniem bardzo interesująca i jak najbardziej celowa. Zastanawia mnie jednak, czy przyjęcie powierzchni właściwej dla TOC na bazie jedynie refleksyjności wityryny, nie jest zbyt dużym uproszczeniem rzeczywistości?

4. Wnioski końcowe

Za kluczowe osiągnięcie Doktorantki przedstawione w recenzowanej dysertacji uważam kompleksowe zbadanie wpływu zawartości minerałów ilastych na pojemność sorpcyjną łupków sylursko-ordowickich. Bezpośrednie wyniki badań laboratoryjnych wskazują, iż wpływ minerałów ilastych na pojemność sorpcyjną łupków jest bardzo niewielki. Taki wynik, jeśli potwierdzony jest cyklem rzetelnych i przemyślanych badań, także wnosi ogromną wartość poznawczą do dyscypliny. Dodatkowo, dzięki kreatywnej interpretacji wyników, poszerzonej o redukcję wpływu materii organicznej na właściwości sorpcyjne, Autorka potwierdza swoją tezę, wykazując

jednoznacznie, iż istnieje związek pomiędzy zawartością minerałów ilastych ... a sorpcją dwutlenku węgla i metanu na łupkach sylursko – ordowickich.

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie bardzo ważnego problemu naukowego, jakim jest uporządkowanie roli poszczególnych składników budujących łupki, w aspekcie ich właściwości sorpcyjnych. Jednocześnie, Doktorantka wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W mojej ocenie, rozprawa doktorska spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim określonym w art. 13 ustęp 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2016 r. poz. 882). Biorąc pod uwagę całokształt zrealizowanych prac oraz kluczowe osiągnięcie Doktorantki uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Patrycji Waszczuk „Wpływ minerałów ilastych na sorpcję metanu i dwutlenku węgla na łupkach sylursko-ordowickich” nosi znamiona oryginalności i mieści się w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie doktorantki do kolejnych etapów przewodu doktorskiego, a rozprawy do publicznej obrony w Głównym Instytucie Górnictwa.


dr hab. inż. Norbert Skoczylas
Instytut Mechaniki Górniczej PAN