

Warszawa, dnia 15.08.2023 r.

Prof. dr hab. Tadeusz Peryt
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4
00-975 Warszawa
e-mail: tadeusz.peryt@pgi.gov.pl

Ocena rozprawy doktorskiej mgr inż. Aurelii Zajac

pt.: Uwarunkowania poszukiwań skał zbiornikowych w głębokiej części basenu czerwonego spągowca pod kątem możliwości odkrycia złóż gazu ziemnego

Niżej przedstawiona recenzja została opracowana w związku z uchwałą Rady Dyscypliny Naukowej „Nauki o Ziemi i Środowisku” Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie z dnia 5 czerwca 2023 r. oraz stosownym pismem Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej, prof. dr. hab. inż. Jacka Matyszkiewicza [RDN-NoZiŚ-dz. 510-6/2023 z dnia 12.06.2023 r.].

Zawartość pracy

Deklarowany cel rozprawy doktorskiej, mającej formę komputeropisu o objętości 140 stron i zawierającej 73 figury oraz 15 tabel, to ocena możliwości wykrycia poziomów zbiornikowych w głębszych partiach basenu czerwonego spągowca. Badaniami objęto dwa typy potencjalnych skał zbiornikowych: piaskowców fluwialnych osiowej części basenu permskiego oraz piaskowców eolicznych przykrawędziowej, północno-wschodniej strefy basenu. Po przeprowadzonej analizie wpływu porowatości i stopnia nasycenia gazem na prędkość propagacji fal sprężystych w obu rozpatrywanych typach skał wykonano – na podstawie danych z eksperymentalnego profilu sejsmicznego 2D AGH17511 Golce oraz badawczego profilu 2D AGH28511 Obrzycko-Zabartowo – stratygraficzne modelowania sejsmiczne, co umożliwiło wskazanie potencjalnych stref zbiornikowych w obrębie utworów playi górnego czerwonego spągowca głębszej części polskiego basenu permskiego. Tym samym rozprawa jest ważnym przyczynkiem do poznania istotnego problemu polskiej geologii naftowej, jakim jest zagadnienie perspektywiczności osadów czerwonego w głębokiej części basenu polskiego.

Tytuł pracy

Tytuł rozprawy jest zbyt ogólny w stosunku do jej treści i w rezultacie nie w pełni zapowiada to, co rozprawa zawiera. W rozdziale „Wstęp” doktorantka stwierdza, że *Celem niniejszej pracy jest ocena możliwości wykrycia poziomów zbiornikowych w głębszych partiach basenu czerwonego spągowca, powyżej ok. 4000 m, na podstawie geologicznej interpretacji zapisu sejsmicznego, wspartej stratygraficznymi modelowaniami sejsmicznymi*, a rozdział końcowy zamyka zdaniem: *Potwierdzone modelowaniami stratygraficznymi zobrazowanie na sekcji sejsmicznej zarówno horyzontów związanych z potencjalnie zbiornikowymi piaskowcami, przewarstwiającymi miększe utwory plaj, jak i potencjalnych pułapek ma istotne znaczenie dla prospekcji naftowej, ponieważ świadczy o możliwości odkrycia nowych złóż gazu ziemnego w głębszych partiach polskiego basenu czerwonego spągowca*. Tak ujęty cel, jak i wnioski wypływające z rozprawy są ściśle związane z jej tytułem, ale przy przygotowywaniu rozprawy do druku należałoby rozważyć zmianę tytułu (na np.: *Ocena możliwości wykrycia poziomów zbiornikowych w głębszych partiach basenu czerwonego spągowca na podstawie geologicznej interpretacji zapisu sejsmicznego, wspartej stratygraficznymi modelowaniami sejsmicznymi*).

Układ pracy

Na rozprawę składają się następujące rozdziały:

- Wstęp (2 strony)
- Zarys budowy geologicznej obszaru badań (41 stron, w tym 25 figur)
- Zakres i metodyka interpretacji parametrów zbiornikowych formacji czerwonego spągowca w

- głębszej części basenu (12 stron)
- Modele sejsmogeologiczne (14 stron, w tym 13 figur)
- Wpływ zmian porowatości i nasycenia przestrzeni porowej piaskowców czerwonego spągowca na prędkość fali podłużnej (12 stron, w tym 7 figur)
- Zmiany amplitudy refleksów sejsmicznych pod wpływem porowatości i nasycenia przestrzeni porowej piaskowców czerwonego spągowca (33 strony, w tym 28 figur)
- Podsumowanie i wnioski (5 stron)
- Bibliografia (13 stron)

Dwa pierwsze rozdziały w zwięzły sposób przedstawiają położenie obszaru badań i ich cel oraz charakteryzują strefy depozycyjne górnego czerwonego spągowca, wpływ diagenety na własności zbiornikowe i regionalną zmienność własności zbiornikowych górnego czerwonego spągowca w głębokiej części basenu, a także karbońsko-permski system naftowy i złoża gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca. Ta część rozprawy uwidacznia doskonałą znajomość przez doktorantkę literatury przedmiotu, a także jej wielką zdolność do selekcji informacji i koncentrowania się na istocie sprawy.

Kolejny rozdział ma charakter metodyczny i – po wstępie – kolejno omawia: bazę danych, wykorzystane oprogramowanie i teoretyczne aspekty wpływu zmian porowatości i stopnia nasycenia gazem skały na prędkość propagacji fal sprężystych. Rozdział jest bardzo kompetentnie napisany, a jego jedyną słabą stroną jest zbyt ogólny tytuł rozdziału.

W następnym rozdziale doktorantka przedstawia modele sejsmogeologiczne bloku Golce (z osiowej części basenu) oraz rejonu Zabartowa (NE strefa krawędziowa basenu górnego czerwonego spągowca). W przypadku bloku Golce w oparciu o interpretację strukturalną profilu sejsmicznego AGH17511 opracowano układ geometryczny warstw przejściowego modelu sejsmogeologicznego, a następnie – dwa modele różniące się miąższością piaskowców; obliczona syntetyczna sekcja sejsmiczna potwierdziła trafność przyjętego rozwiązania interpretacyjnego. Również w przypadku rejonu Zabartowa syntetyczna sekcja sejsmiczna uzyskana w wyniku modelowania wykazuje dużą zgodność z rzeczywistym zapisem sejsmicznym. Podobnie jak w przypadku wcześniejszych rozdziałów, również ten uwidacznia dużą umiejętność doktorantki koncentrowania się na istocie problemu.

Rozdział opatrzony numerem 4 z jednej strony przedstawia wyniki badań (część dotycząca wyznaczenia prędkości fali podłużnej i gęstości w zależności od współczynnika porowatości oraz stopnia nasycenia gazem), a z drugiej – ich interpretację i dyskusję (analiza porównawcza wyników obliczeń) – nie jest jasne, dlaczego te dwie różne części zostały połączone w jedną całość.

Obszerny rozdział nr 5 (opatrzonym tytułem: Zmiany amplitudy refleksów sejsmicznych pod wpływem porowatości i nasycenia przestrzeni porowej piaskowców czerwonego spągowca) zawiera wyniki modelowania jednowymiarowego i sejsmicznego modelowania stratygraficznego 2D piaskowców fluwialnych z bloku Golca oraz eolicznych z rejonu Zabartowa, a także porównanie wyników modelowania z rzeczywistym zapisem sejsmicznym. Pozwoliło to na wskazanie potencjalnych stref zbiornikowych związanych z piaskowcami występującymi w obrębie utworów playi.

Końcowy rozdział przedstawia podsumowanie wyników badań i wnioski z nich wypływające, które – jak pisze doktorantka – *pozwoliły na ocenę możliwości detekcji zmian litologiczno-facjalnych i parametrów zbiornikowych w obrębie utworów górnego czerwonego spągowca, w głębszej części polskiego basenu*. Wyniki przeprowadzonych przez doktorantkę badań, w szczególności zaś – sejsmiczne modelowania stratygraficzne, świadczą o możliwości odkrycia nowych złóż gazu ziemnego w głębszych partiach basenu czerwonego spągowca i tym samym mają ważne znaczenie dla poszukiwań złóż gazu ziemnego.

Jak z powyższego omówienia wynika, rozprawę cechują niewątpliwie wysoki poziom merytoryczny, ale też – w drugiej części rozprawy – pewna heterogeniczność, spowodowana wymieszaniem treści przedstawiających wyniki badań, ich interpretację i dyskusję.

Zastosowane piśmiennictwo

Analiza zarówno treści rozprawy, jak i rozdziału przedstawiającego bibliografię, wskazuje na znakomitą orientację doktorantki w literaturze przedmiotu.

Wskazanie i ocena celu

Cel rozprawy podany we wstępie jest konkretny (jak już wspomniano na początku niniejszej recenzji, jest nim *ocena możliwości wykrycia poziomów zbiornikowych w głębszych partiach basenu czerwonego spągowca, powyżej ok. 4000 m, na podstawie geologicznej interpretacji zapisu sejsmicznego, wspartej stratygraficznymi modelowaniami sejsmicznymi*) i ma bardzo ważne implikacje praktyczne, związane z poszukiwaniem skał zbiornikowych w głębokiej części basenu czerwonego spągowca. Zakładany cel został – z powodzeniem – osiągnięty.

Wskazanie i ocena zastosowanych metod badawczych

Dla osiągnięcia powyższego celu doktorantka zastosowała sejsmiczne modelowanie stratygraficzne, nakierunkowane na detekcję – na profilach sejsmicznych – zmian parametrów zbiornikowych w obrębie utworów czerwonego spągowca. Analizę wpływu porowatości i nasycenia przestrzeni porowej na zapis sejsmiczny została przeprowadzona na podstawie jedno- i dwuwymiarowych modeli teoretycznych. Następnie obliczono impedancję akustyczną AI [$g/cm^3 m/s$]; zestawienie wartości impedancji pozwoliło na zobrazowanie zmian relacji AI dla rozpatrywanych wariantów stopni porowatości, warstw zawodnionych i nasyconych gazem, po czym opracowano jednowymiarowe modele sejsmiczne (sejsmogramy syntetyczne), umożliwiające prześledzenie zmian wielkości amplitudy refleksów odbitych od stropu i spągu badanej warstwy, w zależności od badanych parametrów. Modele te sporządzono w programie Decision Space Well Seismic Fusion firmy Halliburton Landmark, po czym wykonano dwuwymiarowe modelowania sejsmiczne w programie Tesserat Pro w wariacie akustycznym, w wersji zerooffsetowej, a dodatkowo - dla wybranych modeli - modelowanie w wersji offsetowej.

Zastosowane przez doktorantkę metody są optymalne dla osiągnięcia zakładanego celu, a z treści rozprawy wynika doskonała orientacja doktorantki w zasadach, uwarunkowaniach i ograniczeniach stosowanych przez nią metod.

Ocena części dot. omówienia wyników badań

Wyniki badań – przedstawione w rozdziałach nr 3-5 i podsumowane w rozdziale nr 6 – są podane w sposób należycie wyczerpujący, świadczący o umiejętności selekcji przez doktorantkę informacji istotnych. Prawdopodobnie przedstawionego przez doktorantkę wniosku nie budzi wątpliwości.

Ewentualne nieprawidłowości

Rozprawa jest przygotowana starannie pod względem redakcyjnym, a zauważone nieścisłości – rzadkie. Należy do nich konstatacja na str. 32, że PZ4 to Aller i Ohre, co nie jest do końca ścisłe, bo PZ4 zdaniem Wagnera (1994) – na którą to pracę powołuje się doktorantka – obejmuje także odpowiedniki młodszych cyklotemów wyróżnionych w niemieckiej części zbiornika: Friesland i Mölln (Fulda). Podobnie przedstawia się kwestia powiązania faktu transgresji cechsztyńskiej wyłącznie z regionalną subsydencją platformy paleozoicznej, zwłaszcza że transgresja objęła także brzeżną część kratonu. Fragment tekstu na str. 13 jest kopią fragmentu ze str. 9. Na Fig. 1.4. brak jest zasięgu utworów cechsztynu, na Fig. 1.5. jest „Chrzypsko granite” (zamiast: granit). Cytowana na str. 22 Gregosiewicz to kobieta, prawidłowe nazwy utworów to Zakrzyn IG1 (str. 27) i Dźwirzyno (Fig. 1.13.), a przy autorce cytowanej pracy (Ciechanowska) brak jest – na str. 83, 84 i 123 – roku.

Rozprawa jest dobrze napisana i z przyjemnością się ją czyta, chociaż doktorantka zbyt często używa szyku przestawnego zamiast prostego (preferowanego w tekstach o charakterze naukowym), nadużywa liczby mnogiej (zwłaszcza, gdy w grę wchodzi głębokość), a także używa słowa „rzędu” w znaczeniu „około” (co niestety jest rozpowszechnionym błędem).

Wnioski

Zgodnie z art. 13 ust. 1 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki - Dz.U. 2017 poz. 1789, *Rozprawa doktorska, przygotowywana pod opieką promotora [...] powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego [...] oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej [...] oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej [...]*. Jak wynika w przedstawionego

powyżej omówienia, wszystkie te wymagania doktorantka spełniła w stopniu wysoce wystarczającym. Doktorantka ujawniła nie tylko bardzo solidny warsztat badawczy w zakresie wielu metod związanych z geologią naftową (w tym zwłaszcza metodyką interpretacji parametrów zbiornikowych i sejsmicznego modelowania stratygraficznego), a także duże uzdolnienie do planowania i prowadzenia samodzielnych badań naukowych. Tym samym **rozprawa całkowicie spełnia warunki określone w artykule 13. Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2017 poz. 1789)**. W tej sytuacji oczywistym staje się mój wniosek o dopuszczenie mgr inż. Aurelii Zając do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Tad Mf