

R e c e n z j a
rozprawy doktorskiej mgr. Pawła Romualda Rydera
pt.: Wpływ architektury depozycyjnej na rozkład właściwości zbiornikowych oraz
akumulacje gazu ziemnego w obszarze badań sejsmicznych „Przemyśl 3D”
(miocen zapadliska przedkarpackiego)

Recenzja wykonana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Nauki o Ziemi i Środowisku Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie prof. dr. hab. inż. Jacka Matyszkiewicza, z dnia 24 września 2021 r.

Forma i treść rozprawy

Recenzowana rozprawa ma formę monografii liczącej 200 stron tekstu wraz z wciętymi wewnątrz 119. rycinami, 4. tabelami, jednostronicowymi streszczeniami w języku polskim i angielskim, 9 stronami spisu rycin i tabel, 1 stroną spisu załączników oraz 12. stronami spisu 223. pozycji literatury. Tekst rozprawy jest poprzedzony stroną tytułową w języku polskim i angielskim, spisem treści oraz podziękowaniami, zaś na końcu zamieszczonych jest 15 załączników graficznych w formacie A3.

Zasadnicza część rozprawy składa się z 10. rozdziałów prezentujących według kolejności: wprowadzenie do rozprawy i jej cel, budowę geologiczną terenu badań, historię badań złoża „Przemyśl” i stopień jego rozpoznania, charakterystykę badanego materiału, prezentację zastosowanych metod badań, analizę sedymentologiczną rdzeni wiertniczych, syntezę danych sejsmograficznych, wyniki modelowań 3D, a w części końcowej dyskusję wyników oraz wnioski.

Rozprawa jest ukierunkowana na opracowanie metody uściślającej obliczanie zasobów węglowodorów w złożach z osadami heterolitowymi, na przykładzie złoża gazu ziemnego „Przemyśl” i jego otoczenia, i w tym zakresie jest odzwierciedleniem zapotrzebowania geologii złożowej węglowodorów na weryfikację zasobów w złożach już eksploatowanych. Cel postanowiono osiągnąć poprzez bliższe poznanie architektury litofacjalnej serii złożowej oraz, w oparciu o będące obecnie standardem światowym modelowanie 3D, określenie rodzaju, budowy i własności kolektorskich systemów depozycyjnych w jakich owa seria była formowana.

W związku ze szczupłością materiału rdzeniowego w stosunku do kubatury osadów objętych badaniami, charakter sedymentologiczny osadów postanowiono zinterpretować ze znacznie bogatszego, zróżnicowanego znaczeniowo zbioru danych z profilowań kilkoma adekwatnymi metodami geofizyki otworowej (profile naturalnej promieniotwórczości gamma z 232 otworów, profile upadomierza z 15 otworów oraz obrazy mikroskanera opornościowego ściany otworu Przemyśl-284). Do określenia struktury górotworu uwarunkowanej sedymentologicznie i tektonicznie postanowiono wykorzystać dane z wcześniejszych badań sejsmicznych. Inwentarz materiału wykorzystanego do badań, jego miara, a w przypadku rdzeni wiertniczych również podchodzenie w odniesieniu do profilu odwiertów zostały wykazane w większości wyczerpująco dokładnie.

Metody badań wykorzystanych do przygotowania rozprawy nie budzą zastrzeżeń, a wręcz zasługują na wyróżnienie przez ich dużą różnorodność. Sposób zastosowania wszystkich, z wyjątkiem analizy wyników badań mikrofaunistycznych, został zaprezentowany z dokładnością wskazującą na ich dobrą znajomość przez Doktoranta. Na szczególne wyróżnienie zasługuje oryginalna metoda zastosowania cyfrowego przetwarzania obrazów rdzeni do obliczania udziału w sukcesji warstw piaskowców. Metoda ta umożliwia wyjątkowo precyzyjne określanie aspektu serii złożowej mającego podstawowe znaczenie w szacowaniu zasobów węglowodorów w sukcesjach osadów heterolitowych. Nie mniej interesująca wydaje się być zastosowana w dysertacji metoda wydzielania elektrofacji

skorelowanych z asocjacjami litofacjalnymi wydzielanymi na podstawie bezpośredniego opisu rdzeni wiertniczych i w oparciu o nie określenie architektury systemu depozycyjnego.

Wydzielenie i opis asocjacji litofacjalnych zostało poprzedzone wydzieleniem i skrupulatnym opisem wraz z ilustracjami graficznymi i fotograficznymi 15 litofacji. Szkoda, że część fotografii jest słabo czytelna. W zakończeniu opisów zamieszczona jest interpretacja genezy poszczególnych litofacji sporządzona w oparciu o aktualne poglądy prezentowane w czołowej światowej literaturze sedymentologicznej. Tak opisy litofacji jak i interpretacje ich genezy są przedstawione ogólnie poprawnie, ze szczegółowością wykraczającą ponad potrzeby tematu rozprawy.

Podobieństwa genetyczne litofacji były podstawą wydzielenia 8. asocjacji litofacjalnych, aby w oparciu o te określić rodzaj środowiska depozycji osadów i architekturę litofacjalną, a zarazem depozycyjną systemu depozycyjnego. Każda asocjacja litofacji została wnikliwie opisana i zilustrowana skrupulatnymi profilami sedymentologicznymi powiązаныmi z obrazem ich rdzenia, profilami naturalnej promieniotwórczości gamma i porowatości efektywnej, upadami sedymentacyjnymi oraz współczynnikiem *net-to-gross* (NTG), a ponadto, w nawiązaniu do stosownej literatury, została przyporządkowana do środowiska depozycji w obrębie jednego z 3. głównych środowisk w ramach systemu depozycyjnego nazwanego systemem depozycyjnym podmorskich stożków. O ile opisy asocjacji litofacjalnych nie budzą zastrzeżeń, a ze względu na oryginalne wykazanie procentowych udziałów piaskowców w oparciu o filtrację zdjęć rdzeni oraz załączenie profili geofizycznych stanowią niezwykle cenny punkt w dysertacji, to przyporządkowania środowiskowe niektórych wymagają komentarza.

Z powodu niedostatecznej ilości rdzeni wiertniczych do określenia architektury litofacjalnej całej sukcesji wykorzystane zostały elektrofacje. Te, wydzielone zostały w liczbie pięciu, w oparciu o dane z geofizyki otworowej i skalibrowane względem asocjacji litofacjalnych. Ich rozmieszczenie, a poprzez nie także rozmieszczenie asocjacji litofacji w przekroju całej badanej sukcesji, zostało zilustrowane dla ok. 55. skorelowanych stratygraficznie odwiertów, rozmieszczonych w 2. liniach przekrojowych wzdłuż czoła Karpat oraz dwóch liniach do niego prostopadłych. Korelacja elektrofacji przeprowadzona w odniesieniu do rozpoznanej sejsmicznie struktury górotworu została wykorzystana do zobrazowania ich rozprzestrzenienia nie tylko w pionie lecz i lateralnie. Szkoda, że niektóre napisy zamieszczone na profilach w załącznikach 7–10 są nieczytelne, zaś symbole są nieobjaśnione.

W oparciu o uzyskany w powyższy sposób obraz elektrofacjalny sukcesji i wykazane wcześniej relacje między elektrofacjami i asocjacjami litofacji opisane zostało ukształtowanie litofacjalne poszczególnych kompleksów stratygraficznych sukcesji oraz zinterpretowane środowiska ich depozycji, a zarazem pozycja w obrębie systemu depozycyjnego. W ten sposób zilustrowany został równocześnie, tak opisowo jak i graficznie, rozwój stratygraficzny całej formacji z Machowa na obszarze badań. Niektóre interpretacje budzą pewne wątpliwości, nie podważają one jednak obrazu wykazanej w dysertacji architektury litofacjalnej całej sukcesji.

Ostatnim zagadnieniem przedstawionym w rozprawie jest prezentacja opracowanych w jej ramach przestrzennych modeli strukturalnych i parametrycznych. Modele te ukazują rozkłady elektrofacji, porowatości oraz współczynnika NTG poszczególnych serii złożowych „Przemysł”, dzięki temu umożliwiają opracowanie optymalnej strategii rozwiercania poszczególnych elementów złożowych. Opracowane w ramach modelowania mapy sumarycznych miąższości elektrofacji I i II, interpretowanych jako osady proksymalnych i środkowych stożków podmorskich, posłużyły do wyodrębnienia w badanej sukcesji 9. takich stożków, wraz ze wskazaniem ich rozprzestrzenienia.

W dyskusji wyników badań opisane są podsumowująco, dojrzałe, ich główne rezultaty, poczynając od uogólnionej charakterystyki ukształtowania i rozwoju wskazywanych stożków podmorskich, poprzez charakterystykę warunków, uwarunkowań i procesów sedymentacji, po interpretację struktury basenu i położenie w nim obszaru, na którym osadziły się utwory poddane badaniom. W dalszej kolejności skomentowane jest znaczenie

opracowania dla oceny potencjału zasobowego złoża „Przemyśl”, ze wskazaniem kierunków jego dalszych badań oraz przewidywanych efektów zastosowania w nich modelowania 3D parametrów statycznych, takich jak przeprowadzone w rozprawie.

Ocena badawczej strony rozprawy

Rozprawa została przygotowana w oparciu o bardzo bogaty materiał faktograficzny zebrany różnymi metodami, wnikliwie opisany, bogato, estetycznie, aczkolwiek w części niezbyt czytelnie zilustrowany, opracowany w dużym stopniu różnymi metodami numerycznymi pod kątem interpretacji architektury litofacjalnej, depozycyjnej, a także złożowej mioceńskich osadów formacji z Machowa na obszarze badań. Podobnie jak materiał wykorzystany do badań, ich wyniki zostały wnikliwie opisane i szczegółowo zilustrowane. Interpretacje warunków sedymentacji i architektury sukcesji są odniesione do bogatej, stosownej literatury światowej. Istotną wartością rozprawy są zastosowane w niej modelowania numeryczne różnych parametrów badanej sukcesji. Pokazują one nowoczesne sposoby poznawania przestrzennego obrazu górotworu w odniesieniu do różnych parametrów, w niniejszym przypadku tych odnoszących się do oceny jego własności jako złoża gazu ziemnego. Wszystkie wymienione wyżej atrybuty czynią rozprawę atrakcyjnym, nowoczesnym wkładem w poznanie badanych zagadnień, mających pierwszorzędne znaczenie dla optymalizacji gospodarowania złożem gazu ziemnego „Przemyśl”, a zarazem wzorem na potrzeby optymalizacji gospodarowania innymi złożami tego surowca, przede wszystkim tymi w osadach zapadliska przedkarpackiego. Równie cenny wkład wnosi recenzowana rozprawa w poznanie sedymentacji i uwarunkowań rozwoju zapadliska przedkarpackiego, a pewnym stopniu także podobnych zapadlisk przedgórskich.

Na wyróżnienie zasługują:

- opracowanie uszczegółowionego, bogato ilustrowanego obrazu architektury litofacjalnej, a zarazem depozycyjnej i złożowej osadów formacji z Machowa na obszarze złoża gazu ziemnego „Przemyśl” i w jego otoczeniu,
- dostarczenie materiałów do dokumentowania dodatkowych zasobów gazu ziemnego w obrębie pól „Przemyśl” i „Wapowce”,
- opracowanie metody selektywnej filtracji obrazu rdzeni, pozwalającej znacząco uszczegółwić ocenę udziału piaskowców i pyłowców w utworach heterolitowych, a zarazem ocenę własności kolektorskich takich utworów.

Uwagi krytyczne

Ogólnie rozprawa nie budzi większych zastrzeżeń, aczkolwiek nie jest wolna od różnych uchybień, niejasności, skrótów myślowych czy kolokwializmów.

Przykłady niedociągnięć:

Nieadekwatne nazwy petrograficzne facji składających się z ławicy piaskowca i nadległego łupku (facje oznaczone symbolami C–H), uwzględniające jedynie człon osadu piaszczystego.

Tab. 1. (str. 44). Facja A opisana niejasno, jako „mułowiec z rzadką domieszką frakcji pyłowej”. Jaką domieszkę należy rozumieć jako rzadką?

Str. 49. Sedymentacja mułowców laminowanych wiązana jest z bliżej nieokreślonymi wałami pozakorytowymi. Co to są wały pozakorytowe? Nie ma mowy o takich w cytowanych pracach. Czy jest to szeroko rozumiany błąd literowy?

Str. 53, Ryc. 29E. Struktury wskazane jako konwolucje nie są konwolucjami lecz jedynie nieznacznie zdeformowanymi plastycznie laminami przekątnymi.

Struktury sedymentacyjne wzmiankowane są kilkakrotnie jako rodzaje osadu (np. na str. 52 w takim znaczeniu podana jest laminacja).

Str. 56, Ryc. 33A. Osad wskazywany jako człon A sekwencji Boumy ma niewiele wspólnego z osadem tak oznaczonym w oryginalnej sekwencji Boumy (1962). W omawianej rycinie jest to osad warstwowy, natomiast wg definicji oryginalnej człon A charakteryzuje się budową masywną.

Str. 58. Niejasna jest interpretacja genezy osadów facji H. Nie wiadomo jakie spływy mieszczą się w nazwie „wysokogęstościowe, upłynnione spływy ziarnowe”. Nie potrafię znaleźć spływów o takiej nazwie w żadnej z prac cytowanych w tym kontekście. Dla uniknięcia nieporozumień należało podać oryginalne nazwy procesów, te którym owe spływy mają w opinii Doktoranta odpowiadać w cytowanych pracach. Podana w dysertacji nazwa procesów jest w części pleonazmem. Wymienione w niej spływy ziarnowe są z założenia spływami wysokogęstościowymi, niezależnie od tego czy pod tą nazwą mają się mieścić spływy rumoszowe *sensu lato* (*debris flows sensu* Lowe, 1982, czy Talling et al., 2012), czy też wyłącznie spływy rumoszowe z kolizyjnym reżimem ścinania, nazywane po polsku spływami kolizyjnymi (Gradziński et al., 1986). Kolejną niejasnością omawianej nazwy jest przymiotnik „upłynnione”. Spływy w ogólności są procesami przemieszczania materiału ziarnistego o własnościach płynu *sensu lato*. Lepiej byłoby zatem uwzględnić w nazwie stosowny charakter reologiczny spływu. Dla ścisłości, wskazanym byłoby dodanie w interpretacji rodzaju spływów, z których deponowane były osady facji H, informacji o tym co spowodowało, że będąc spływami wysokogęstościowymi deponowały osady z normalnym uziarnieniem frakcyjnym.

Opis rozmieszczenia i geometrii osadów poszczególnych asocjacji litofacjalnych w sukcesji, zamieszczony w rozdz. 6.2, powinien być przedstawiony po opisie elektrofacji, podanym w rozdziale 8.1.1, gdyż to w oparciu, w dużym stopniu, o elektrofacje i z powołaniem na nie zagadnienia te zostały opracowane.

Objaśnienia do ryciny 85 są niejasne, w części nieadekwatne.

Interpretacja pochodzenia osadów asocjacji 1. jest niejasna. Według tytułu rozdziału, w którym jest opisana, reprezentuje wyłącznie osady równi basenowej, zaś według Tabeli 3. są to osady tak równi basenowej jak i obrzeżeń stożków podmorskich, z uściśleniem, że reprezentują rozległe wały przykorytowe. W tekście rozdziału pochodzenie osadów przypisanie jest do rozległych wałów przykorytowych kanałów dystrybucyjnych, bez określenia relacji do podmorskich stożków i równi basenowej. Zróżnicowanie osadów tej asocjacji pod względem stosunku piaskowiec łupek, a także ich rozmieszczenie w stosunku do osadów innych asocjacji litofacjalnych wykazywane w elektrofacjalnych profilach wierceń (zał. 7–10) oraz na przekrojach modelu elektrofacjalnego sukcesji (zał. 11–13) wskazują, że ma ona bardziej złożone pochodzenie środowiskowe (v. Stow, 1985). W mojej opinii są to nierozdzielone osady pokryw równi basenowej, stożka zewnętrznego oraz wałów przykorytowych kanałów dystrybucyjnych stożka. Nie są to wyłącznie hemipelagity jak sugerowane jest na stronie 86, w akapicie pierwszym od góry.

Na str. 102 wzmiankowane są enigmatyczne struktury naczyniowe. Co to za struktury?

Nieprzekonująca jest interpretacja subkompleksu 1C badanej sukcesji jako reprezentującego w części bardziej proksymalne partie stożka podmorskiego niż osady subkompleksu 1B. Nie widać tego na profilach zilustrowanych w załącznikach 7–10.

Subkompleks 2B jest zatytułowany jako utwory rozległych wałów przykorytowych, podczas gdy według załączników 7–10 oraz 11–13 nie występują w nim utwory koryt, które mogłyby sprzyjać formowaniu jakichś rozległych wałów przykorytowych lecz, w udziale marginalnym, mają być tam obecne osady dystalnych części stożków i obszarów międzylobowych. Czy zatem osady tego kompleksu nie są głównie osadami równi basenowej i, w uogólnieniu, stożka zewnętrznego?

Załączniki 7–10, a także tabela 4 nie są cytowane w dysertacji.

W załączniku 9 kompleks 5 zaznaczony jest kolorem kompleksu 6.

Opisy części figur są słabo czytelne, a nawet nieczytelne.

Spis literatury zawiera drobne niekonsekwencje stylistyczne.

Ocena końcowa

Recenzowana rozprawa jest oryginalnym opracowaniem naukowym. W istotnym stopniu pogłębia poznanie architektury litofacjalnej, depozycyjnej i złożowej formacji z Machowa na obszarze złoża gazu ziemnego „Przemysł” i w jego otoczeniu. Wnosi wartościowy wkład w rozwój metod poznawania wymienionych aspektów sukcesji osadowych. Pomimo pewnych zastrzeżeń rozprawę oceniam zdecydowanie pozytywnie. Rozprawa dowodzi bardzo dobrego opanowania przez Doktoranta metodyki badań tak sedimentologicznych jak i geofizycznych osadów klastycznych, umiejętności rozpoznawania zapisu złożonych warunków i procesów sedimentacji takich osadów oraz identyfikowania problemów badawczych i samodzielnego ich rozwiązywania.

Reasumując uważam, że recenzowana rozprawa spełnia wymogi Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. 2018, poz. 1668 z późn. zm.) i na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie mgr. Pawła Romualda Rydera do publicznej obrony przedstawionych w rozprawie tez.

Rekomendacja

W związku z wysokimi walorami merytorycznymi rozprawy wnioskuję o jej wyróżnienie stosowną nagrodą.

