

|   |                       |
|---|-----------------------|
| SEKRETARIAT NAUKOWY<br>INSTYTUT GEOFIZYKI PAN |                       |
| Dnia  | 30.03.2021r. WPLYNEŁO |
| hr dz.  | .....                 |
| Ref.  | .....                 |

Warszawa, 27.03.2021 r.

Prof. dr hab. Jerzy Nawrocki  
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej  
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie  
Al. Kraśnicka 2cd  
20-718 Lublin

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Dominiki Krystyny Niezabitowskiej z Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk pt. „Rock magnetic properties of lower Paleozoic gas-bearing shale rocks from northern Poland”, wykonanej pod kierunkiem dr. hab. Rafała Junoszy-Szaniawskiego, profesora PAN.**

Recenzję tę wykonano w związku z pismem w tej sprawie Z-cy Dyrektora Instytutu Geofizyki PAN dr hab. Mariusza Majdańskiego, prof. PAN z dnia 29 stycznia tego roku (znak IGF-SN-420-02/21), informującym o powołaniu mnie przez Radę Naukową IGF PAN na recenzenta.

#### Zakres rozprawy.

Przedłożona rozprawa składa się ze streszczenia (w języku polskim i angielskim), wstępu (tak jak pozostałe części - w języku angielskim), krótkiej prezentacji wyników, a także krótkiego podsumowania. Zasadniczym elementem rozprawy doktorskiej Pani mgr. Dominiki Krystyny Niezabitowskiej są jednak trzy załączniki przygotowane w postaci kopii publikacji, które ujmują w pełni jej zakres. Publikacje te ukazały się w czasopismach *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* (czteroletni IF=4,46), *Geophysical Journal International* (pięcioletni IF=2,83) i *AAPG Bulletin* (pięcioletni IF= 3,16). Ich pełne referencje są następujące:

- a. Niezabitowska, D.K., Szaniawski, R., Roszkowska-Remin, J., Gąsiński, A. 2019 – Magnetic anisotropy in Silurian gas-bearing shale rocks from the Pomerania region (northern Poland). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 124, 5-25. <https://doi.org/10.1029/2018JB016274>.
- b. Niezabitowska, D.K., Szaniawski, R. and Jackson, M. 2019 – Magnetic mineral assemblage as a potential indicator of depositional environment in gas-bearing

Silurian shales from Northern Poland. *Geophysical Journal International*, 218 (2), 1442-1455, <https://doi.org/10.1093/gji/ggz229>.

- c. Niezabitowska, D.K., Szaniawski, R., Roszkowska-Remin, J. and Derkowski, A. 2021. Magnetic susceptibility variations in lower Paleozoic shales of the western Baltic Basin (northern Poland) – a tool for regional stratigraphic correlations and the decoding of paleoenvironmental changes. *AAPG Bulletin*, <https://doi.org/10.1306/12092019183>.

Pan mgr Niezabitowska jest pierwszym autorem wszystkich wymienionych prac, a jej udział w ich przygotowaniu został określony procentowo odpowiednio na 70, 80 i 75%. I tak w pierwszej pracy była to analiza statystyczna danych, wykonanie analiz i gromadzenie danych, przygotowanie, prezentacja i korekta publikacji. W pracy "b" sformułowała jej cele, przeprowadziła eksperymenty i zgromadziła dane, a także przygotowała publikację, w tym jej skorygowaną wersję. Dla potrzeb publikacji "c", poza zakresem wymienionym dla publikacji poprzednich, jej główna autorka rozwinęła metodykę badań. We wszystkich wymienionych publikacjach pełniła rolę autora - korespondenta.

We wprowadzeniu do rozprawy autorka krótko wskazuje, co jest jej przedmiotem i na jaki obszar interpretacji geologicznej pozwalają metody petromagnetyczne w badaniach skał osadowych. Krótko charakteryzuje również materiał badawczy, którym są tutaj łupki dolnego paleozoiku, a także obszar badań, czyli basen bałtycki. W końcowym fragmencie wstępu opisuje harmonogram badań. Wyniki badań streszcza w trzech punktach, które odpowiadają zarazem głównym osiągnięciom ujętym we wskazanych trzech publikacjach. W podsumowaniu wskazuje, co przeprowadzone badania wniosły do jej wiedzy i doświadczenia, a także jakie elementy wyników tychże badań należy uznać za najistotniejsze, odkrywcze. W świetle tych wskazań, Pani mgr. Niezabitowska prezentuje swoje dalsze plany badawcze, które głównie stanowiąby rozwinięcie wypracowanej metodyki i jej zastosowanie w badaniach innych typów skał, w tym najmłodszych osadów morskich.

Publikacji „a” dedykowana jest głównie pomiarom anizotropii podatności magnetycznej próbek z dwóch rdzeni wiertniczych ze skałami łupkowymi dolnego paleozoiku basenu bałtyckiego, a także różnorodnym analizom nośników magnetycznych. W celach porównawczych analizowano również ułożenie przestrzenne szczątków graptolitów, które

okazało się zbieżnym ze średnimi kierunkami osi maksymalnej podatności magnetycznej. Wykazano więc, że osie te nie odzwierciedlają kierunku nacisków tektonicznych, zaś definiują kierunek prądów morskich niosących materiał klastyczny. Co jest w pewnym stopniu zaskakujące, autorzy wykazali, że średnia wartości lineacji i jej kierunek pomierzone w mułowcach są podobne do tych zanotowanych w węglanowych konkrecjach. Bardzo szerokie spektrum analiz nośników magnetycznych występujących w badanych skałach łupkowych zaprezentowano w publikacji „b”, której finalnie głównym celem było zdefiniowanie frakcji magnetycznej i jej związków z warunkami sedymentacji, w tym zwłaszcza z zawartością materii organicznej. Stwierdzono, że obecność hematytu wiąże się ze znacząco niższą zawartością materii organicznej w osadzie, a badania jego występowania mogą dostarczyć wskaźników dotyczących stopnia zachowania tejże materii.

Zbadanie stopnia użyteczności analiz zmienności wartości podatności magnetycznej (MS) wzdłuż profili skał łupkowych dla celów ich regionalnej korelacji stratygraficznej oraz rekonstrukcji zmian paleośrodowiskowych to główne cele publikacji „c”. Poza profilowaniem wartości tego parametru, wykonano tutaj badania petromagnetyczne. Zmiany podatności magnetycznej skorelowano z całkowitą zawartością węgla organicznego (TOC), wskaźnikiem bioturbacji, wskaźnikiem tlenowym oraz procentową zawartością chlorytów. Zaobserwowano pozytywną korelację między MS a zawartością chlorytów. Stwierdzono, że gwałtowne wzrosty MS związane są z obecnością warstewek dolomitu i konkrecji fosforytowych, natomiast lokalne spadki wartości MS to efekt występowania węglanów wapnia. W podsumowaniu tego artykułu autorzy sugerują, że wysokie wartości MS (powyżej  $200 \times 10^{-6}$  jednostek SI) wskazują na warunki wysokotlenowe sedymentacji łupków gazonośnych i w związku z tym niską zawartość zachowanej materii organicznej. Z drugiej strony, niskie wartości MS (poniżej  $100 \times 10^{-6}$  jednostek SI) mogą sugerować wysoką zawartość materii organicznej.

#### Ocena rozprawy.

*Elementy pozytywne, w tym zasługujące na wyróżnienie.*

Pani mgr Dominika Krystyna Niezabitowska odpowiadała za większość elementów zakresu badań ujętych w przedłożonych publikacjach. Należy uznać, że właściwie zaplanowała badania, dostosowując ich metodykę do postawionych celów. Umiejętność integracji danych



z wielu metod analitycznych też nie budzi tutaj zastrzeżeń. Na wyróżnienie zasługuje prezentowana przez nią wnikliwa i wszechstronna analiza nośników magnetycznych a także poprawna i skuteczna integracja kluczowych danych petromagnetycznych i geologicznych.

Niewielu badaczy decyduje się na badania mineralogii magnetycznej w ujęciu genetycznym, a także struktury magnetycznej skał łupkowych, w których minerały wymagają badań w skali nawet nanometrów, a ich geneza zwykle jest złożona, wieloetapowa. Prezentacja wyników badań w przedłożonych publikacjach jest, poza jednym wyjątkiem (wskazanym w nielicznych uwagach krytycznych), optymalna.

Kandydatka właściwie interpretuje wyniki badań mineralogicznych i petromagnetycznych, a także wyniki profilowania podatności magnetycznej i analiz jej anizotropii, co dowodzi, że w pełni panuje nad warsztatem badawczym. Aby pogłębić obszar interpretacji i zwiększyć wagę i użyteczność wniosków, nie waha się wyjść poza badania standardowe, przeprowadzając analizy minerałów magnetycznych w niskich temperaturach, badania minerałów w ogólności z użyciem mikroskopu skaningowego, a także analizy stopnia bioturbacji osadu i kierunków ułożenia szczątków graptolitów. Wyniki badań są prezentowane w czasopismach o wysokich współczynnikach wpływu. Dobór metodyki badań i organizacji zespołu badawczego, który zapewniał jak najbardziej profesjonalną dokumentację i interpretację tych elementów prac, w których ma jeszcze zbyt małe doświadczenie, były też generalnie właściwe. Zasługującym na wyróżnienie osiągnięciami rozprawy jest wykazanie, że: (1) nośniki podatności magnetycznej wskazują kierunek prądów morskich (NNW – SSE) rozprawdzających osad w zbiorniku ordowicko-sylurskim na skłonie kratonu wschodnioeuropejskiego; (2) w skałach łupkowych dolnego paleozoiku basenu bałtyckiego występuje zjawisko negatywnej korelacji zawartości materii organicznej i obecności hematytu, co może być wykorzystane w dalszych badaniach ich potencjału węglowodorowego; (3) zmiany zawartości nośników podatności magnetycznej, mimo że oparte na wahaniach ilości chlorytów – minerałów powstałych już po sedymentacji osadu w wyniku jego głębokiej diagenety, to jednak odzwierciedlają pierwotny rozkład zawartości związków żelaza w osadzie, nawiązujący do natlenienia morskich wód przydennych we wczesnym okresie formowania się skały. Ostatni z wniosków to zarazem dowód, że profilowanie MS może służyć do korelacji stratygraficznej badanych formacji skalnych, przeprowadzanej co najmniej w skali basenu.

### *Uwagi krytyczne.*

Uwagi krytyczne do przedstawionej rozprawy są nieliczne i nie mają rangi zasadniczej. I tak w pierwszym akapicie streszczenia autorka wskazuje, że AMS odzwierciedla uporządkowanie minerałów uwarunkowane głównie procesami tektonicznymi i sedymentacyjnymi. Oczywiście uporządkowanie to może być również efektem procesów postsedymentacyjnych, takich jak na przykład kompaktacja, czy metamorfizm. W trzecim akapicie polskiej wersji streszczenia dowiadujemy się o bezhisterezowej anizotropii pozostałości magnetycznej. A może jednak o anizotropii bezhisterezowej pozostałości magnetycznej? W kolejnym akapicie tego streszczenia możemy przeczytać „warunki natlenienia w czasie formacji skały”. Zakładam, że jest to zwykłe przejęzyczenie. W ostatnim akapicie razi nadużywanie słowa „ponadto”. W pierwszym paragrafie rozdziału „Introduction” należałoby zauważyć, że minerały magnetyczne mogą wskazywać nie tylko na kontrolowane klimatem zmiany środowiska, ale również na tektoniczne zaangażowanie obszarów alimentacyjnych. Skrót OM, dotyczący materii organicznej, należałoby przy pierwszym zastosowaniu rozwinąć. W drugim akapicie podrozdziału 2.1 (str. 14) pojawia się sformułowanie „significant activity of deformations”. Deformacje są skutkiem, a nie dynamicznym zjawiskiem, którym są naprężenia i ruchy tektoniczne. Stąd należałoby użyć po prostu sformułowania „significant deformations”. W ostatnim zdaniu podrozdziału 2.2 (str. 15) autorka wyciąga wniosek o związku występowania hematytu z bardziej tlenowymi warunkami zbiornika, a także o możliwości wskazywania dzięki jego obecności horyzontów o niższej zawartości materii organicznej lub bez niej. W publikacji wniosek ten jest sformułowany znacznie ostrożniej, ze wskazaniem, że potwierdzenie użyteczności metody wymaga dalszych badań. Nie sądzę, że w geologii naftowej, oparta na żmudnych badaniach laboratoryjnych, wyłącznie jakościowa metoda magnetometryczna zastąpi, czy wspomże analizy TOC. Podobnie, w przypadku zastosowania profilowania MS, nawet jako tańszej i szybszej metody korelacji, nie należy oczekiwać, że będzie ono preferowane w stosunku do klasycznych danych geofizyki karotażowej, które stanowiły i do tej pory stanowią podstawę korelacji stratygraficznej otworów naftowych, jak również podstawę do określania szeregu pochodnych parametrów petrofizycznych. Oczywiście profilowanie MS w połączeniu na przykład z profilowaniem gamma może wnieść dodatkowe elementy korelacyjne, zwłaszcza do podziału

cyklostratygraficznego profilu. Taki kierunek, polegający na zintegrowanej, wieloparametrycznej stratygrafii, bez wątpienia od kilkunastu lat się dynamicznie rozwija.

W podrozdziale „Future plans” (str. 17, pierwszy akapit) Pani mgr Niezabitowska wskazuje, jako perspektywiczne dla jej badań, względnie młode osady morskie wieku późnego pliocenu lub wczesnego holocenu. Nie wiem skąd taki wybór? Dlaczego nie późnego plejstocenu i wczesnego holocenu?

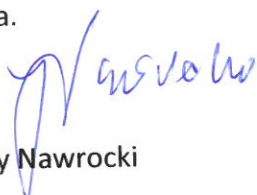
W wyniku analizy publikacji wyjściowych do przedstawionego na wstępie rozprawy podsumowania również nie dostrzegłem istotnych błędów w prezentacji i interpretacji wyników badań. Mogę czuć jedynie pewien niewielki niedosyt związany z danymi dotyczącymi anizotropii podatności magnetycznej. Autorzy nie przedstawili wartości progowych dla wyznaczenia statystycznie znaczących osi anizotropii podatności magnetycznej. Poza parametrami kierunkowymi, proporcją foliacji do lineacji, a także parametrem anizotropii, w statystyce związanej z AMS jest szereg parametrów wskazujących na jakość i reprezentatywność uzyskanych wyników. Nie są znane błędy wyznaczania pojedynczych i średnich osi lineacji i foliacji. Jest to istotne, gdyż na przykład na kilku figurach z rozkładem osi podatności maksymalnych i minimalnych zaznacza się imbrykacja tych ostatnich. Jeśli odchylenie ich od pionu byłoby statystycznie znaczące, to autorzy poza kierunkiem transportu, mniej więcej równoległym do strefy T-T, mogliby również określić zwrot kierunku paleoprądu (z NNW lub SSE).

#### Podsumowanie i rekomendacja

Przedłożona rozprawa doktorska zawiera oryginalne i znaczące osiągnięcia badawcze kandydatki, która w sposób udany podjęła się integracji danych z wielu metod badawczych, związanych z analizą minerałów, parametrów petromagnetycznych, a także z analizą innych cech charakteryzujących łupki dolnego paleozoiku basenu bałtyckiego. Co również istotne, autorka nie tylko sama wykonała większość analiz, ale potrafiła też formułować właściwe, najbardziej istotne wnioski wynikające z tak szerokiego spektrum danych. Wnioski te potrafiła odnieść do szerszych ram paleogeograficznych, jak również do potrzeb geologii naftowej, w tym przypadku złóż niekonwencjonalnych. Ogólna wiedza teoretyczna o dyscyplinie naukowej, którą się zajmuje, nie budzi też większych zastrzeżeń. Przedstawione uwagi krytyczne dotyczą głównie spraw terminologicznych. Pani mgr Dominika Krystyna Niezabitowska zapewne uwzględni je w kolejnych publikacjach. Jej rozprawa spełnia

wszystkie wymogi określone w ustawie z dn. 14 marca 2003 r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003 Nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami), Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora oraz Ustawy z dn. 3 lipca 2018 roku Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Co więcej wnioskuję również o wyróżnienie przedłożonej pracy. Do wniosku tego skłoniły mnie:

- umiejętność pozyskania przez autorkę danych wielokierunkowych i wykonania ich zintegrowanej analizy;
- umiejętność opracowania na najwyższym poziomie wyników badań, czego potwierdzeniem jest ich publikacja w bardzo wymagających czasopismach, o wysokich współczynnikach wpływu, a także udział w zespole autorskim jednego z artykułów czołowego w skali świata badacza własności magnetycznych skał i minerałów – M. Jacksona.

  
Jerzy Nawrocki