

Warszawa, 12.07.2017

Prof. dr hab. Grzegorz Pieńkowski
Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Agnieszki Arabas
pt. „*Reconstruction of the Jurassic environment of the Pieniny Klippen Basin
using carbon and oxygen isotope composition of bulk carbonates and
belemnite rostra*”**

Wstęp

Rozprawa doktorska mgr Agnieszki Arabas składa się z dwujęzycznej części wstępnej (abstraktu i zarysu rozprawy) zawierającej omówienie celu pracy, materiałów i metod badawczych, rys historyczny badań izotopowych w geologii, syntetyczne streszczenie osiągniętych wyników badawczych oraz dwóch oryginalnych artykułów naukowych opublikowanych w znanym czasopiśmie wydawnictwa Elsevier *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (5-letni współczynnik wpływu = 2,949). Tegoroczna praca zatytułowana „*Early Jurassic carbon and oxygen isotope records and seawater temperature variations: Insights from marine carbonate and belemnite rostra (Pieniny Klippen Belt, Carpathians)*” jest napisana we współautorstwie (współautorzy - Jan Schlogl i Christian Meister), druga pochodząca z ubiegłego roku („*Middle–Upper Jurassic stable isotope records and seawater temperature variations: New palaeoclimate data from marine carbonate and belemnite rostra*”) została napisana samodzielnie. Obie prace stanowią harmonijną całość jako opracowanie izotopowej geochemii C i O oraz środowiska systemu jurajskiego w Pienińskim Pasie Skałkowym i są uzupełnione suplementem zawierającym skrupulatnie zestawione wyniki analiz laboratoryjnych stanowiących podstawę dla interpretacji i wniosków badawczych. Oprócz tych dwóch prac Autorka posiada na swoim koncie jeszcze jedną pracę dotyczącą geologii Pienin, opublikowaną we współautorstwie w „*Geological Quarterly*” w 2011 roku. Od tego też roku datują się publikacje Doktorantki (3 publikacje, IF = 1 – wg. *Web of Science*). Należy zaznaczyć, że Doktorantka jest młodym pracownikiem naukowym, a 3 publikacje na liście ISI należy uznać za przyzwoity rezultat dotychczasowej pracy badawczej. Szczególnie istotnym jest fakt, że obie prace składające się na rozprawę doktorską stanowią nowy wkład w naukę, istotny dla badań jurajskiego klimatu i oceanografii.

Uwagi szczegółowe

Przyjęte metody, posiadany materiał badawczy, realizacja podjętego celu badawczego

Podjęte cele badawcze były ambitne:

- określenie zmienności wartości delta¹³C skał i skamieniałości węglanowych,
- oszacowanie zmian temperatury wody morskiej w pienińskim basenie skałkowym na podstawie wartości delta¹⁸O dobrze zachowanych rostrów belemnitów,

- porównanie otrzymanych danych izotopowych z otwartomorskiego zbiornika pienińskiego basenu skałkowego z wcześniej publikowanymi danymi z ograniczonych basenów epikontynentalnych,
- rozwinięcie wiedzy na temat ewolucji jurajskiego środowiska na obszarze pienińskiego basenu skałkowego i północnego obrzeżenia Oceanu Tetydy,
- uściślenie stratygrafii badanych odsłoneń jury pienińskiego pasa skałkowego na podstawie izotopowej chemostratygrafii węglowej.

Skoro Doktorantka (słusznie) włączyła do pracy doktorskiej wprowadzenie do metody badawczej wykorzystującej systemy izotopowe C i O w badaniach geologicznych, to warto byłoby tam zaznaczyć, że np. w badaniu paleotemperatur najbardziej wiarygodna jest metoda badań „*clumped isotopes*”, tj. łączonych izotopów C i O w cząsteczkach CaCO_3 (Eiler, 2011). Fakt, jest ona skomplikowana i bardzo droga - ten drugi argument byłby zupełnie przekonujący jako powód odstąpienia przez Doktorantkę od jej stosowania w swoich badaniach. Natomiast w historycznym zarysie badań izotopowych brakuje mi pionierskiego wkładu Hugh Jenkynsa (praca z 1988 roku), w której opisał mechanizm zaburzeń cyklu węglowego. Wartość badań w Pienińskim Pasie Skałkowym polega na tym, że są to osady oceaniczne, wolne od wahań zasolenia mogących zaburzać tlenowe termometry w płytkich basenach, zwłaszcza gdy badane są np. małże. Zaleta ta mogłaby być wyraźniej podkreślona w tekście – zwłaszcza że badane profile mają też swoje wady do zrekompensowania, tymi wadami jest ich fragmentaryczność (niekiedy są one składane z kilku profili cząstkowych) i hiatusy, w których (niestety!) zagubiło się zarówno toarckie oceaniczne wydarzenie anoksyczne (T-OAE, nowa propozycja nazwy – Jenkyns Event), jak i ważne wydarzenie na granicy keloweju i oksfordu (choć pewnego jego echa można się dopatrzyć w jednym z profili, o czym później). „Zagubione” w hiatusach ważne wydarzenia izotopowe osłabiły oczywiście efekt realizacji jednego z celów - uściślenia stratygrafii badanych odsłoneń jury pienińskiego pasa skałkowego na podstawie izotopowej chemostratygrafii węglowej. Rekonstrukcja paleotemperatur w stosunkowo wąskim basenie oceanicznym o zróżnicowanej batymetrii może być zakłócona pionowymi ruchami wód – upwellingami.

Innym obiektywnym ograniczeniem wynikającym z posiadanego materiału (próby skalne i rostra belemnitów) są zróżnicowania badanych paleotemperatur wynikające z paleoekologii badanych głowonogów. Tylko niewielka część badanych belemnitów była oznaczalna, a istnieją kontrowersje, czy istotnie wszystkie ich rodzaje zamieszkiwały te same nisze ekologiczne – a to mogło skutkować rejestracją temperatur zależnych nie tylko od ogólnych warunków klimatyczno-oceanograficznych, ale także lokalnej batymetrii. To mogło się przełożyć (obok także wspomnianej przez Autorkę kondensacji i wymieszania materiału badawczego) na rozrzut w osiągniętych wynikach, niekiedy znaczny. Istnieje jeszcze dająca dobre wyniki metoda badań izotopowych we frakcjach organicznych wyseparowanych z rostrów (Ullmann i in., 2014), ale znowu – to nie jest tania metoda. Ograniczenia te zostały przez Doktorantkę skomentowane, głównie w pracy z 2017 roku.

Mając na względzie powyższe zastrzeżenia, należy podkreślić, że posiadany materiał przy dostępnych metodach Doktorantka wykorzystwała najlepiej jak to było możliwe – na uznanie zasługuje ilość wykonanych analiz, profile przy wszystkich swoich obiektywnych brakach są opracowane z wysoką (i jednocześnie racjonalną) rozdzielczością. W efekcie praca dostarczyła nowych danych z do tej pory słabo

poznanego pod względem analiz izotopowych C i O regionu, danych przydatnych dla szerszych rekonstrukcji i wniosków.

Interpretacja, dyskusja, wnioski

Zostaną one omówione po kolei – zgodnie z numeracją stron lub figur

Str. 11. We wstępie Doktorantka pisze (być może z własnej „tetydzkiej” perspektywy) że to „tworzące się lądowe i morskie baseny ryftowe były głównym miejscem grzebania węgla organicznego i powstawania skał macierzystych dla węglowodorów”. Sytuacja jest bardziej złożona, gdyż sekwestracja węgla organicznego zachodziła na wielką skalę także w basenach szelfowych. Najbardziej znanymi takimi basenami jest basen północnoeuropejski w hetangu (ciemne łupki planorbisowe), toarku z „Posidonia shales”, Nequen basin w Argentynie, czy kelowej na Półwyspie Arabskim. Miejscem grzebania znacznych ilości węgla organicznego były także nie-ryftowe, wielkie baseny jeziorne Chin – Syczuan i Ordos. Oczywiście, sekwestracja zachodziła także w basenach ryftowych, np. w postaci znanych czarnych iłowców kimerydzkich Morza Północnego. Kiedy już mowa o sekwestracji węgla organicznego, należałoby we wstępie podkreślić ogromną dla paleoklimatu rolę czasowej (niestabilnej) sekwestracji węgla organicznego w postaci hydratów metanu czy kontynentalnego glebowego rezerwuaru węgla, a następnie jego uwalniania.

Na stronach 17-18 pojawia się dość optymistyczne zdanie:

„Udokumentowane wahania temperatury wody morskiej i zmiany warunków środowiska w otwartomorskim zbiorniku pienińskiego basenu skałkowego w dużej mierze odpowiadają wcześniej opisywanym wydarzeniom z epikontynentalnych basenów (przylegających do) Oceanu Tetydy”.

Oczywiście, kwestią podstawową jest na ile „duża” jest ta miara. Jeśli mowa o krzywych węglowych, ta „miara” jest mocno umiarkowana. Część dolnojurajska zawiera w Priborzhavske (praca nr 1, Fig. 2, 3) mało indykatywny przedział poziomu Bucklandi i może Semicostatum, w dodatku z bardzo lekkimi, trudno korelowalnymi z innymi profilami wartościami delta13C. Wyżej nadzieje na dobry horyzont korelacyjny zdają się rosnać, bo jeszcze znacznie lżejsze wartości delta13 C w poziomach Obtusum-Oxynotum mogłyby odpowiadać znanemu (Riding i in., 2012; Masetti i in., 2017) wydarzeniu późnosymnemurskiemu związanemu także z sekwestracją węgla, podniesieniem globalnej temperatury i zakwitem planktonowym. Cóż, Doktorantka uczciwie traktuje jednak ten przedział „na szaro”, czyli mało wiarygodnie – ze względu na możliwe zmiany diagenetyczne. Wyżej, poza ogólnym trendem wzrostu wartości delta13C od dołu do góry pliensbachu (nota bene, skorelowanym także z generalnym ochładzaniem się klimatu) trudno wyróżnić jakieś wydarzenie, które wyraźnie korelowałoby się z tymi rejestrowanymi z basenów epikontynentalnych – zarówno morskich, jak kontynentalnych. Początek poziomu Margaritatus to raczej ochłodzenie (i regresja), tymczasem w Pieninach robiło się jakby cieplej (Fig. 7). Co więcej, profil Podbiel nie wykazuje nawet tego trendu ku cięższym wartościom delta13C ku górze pliensbachu, więc i wewnątrzpienińska korelacja chemostratygraficzna nie jest do oczywista. Niestety T-OAE (Jenkyns

Event) „zniknął” wszędzie w hiatusach, w toarku jedynie pozytywny pik skorelowany z Serpentinum może być rozpoznawalny. Nota bene, jeśli lokalne hiatusy wyrządziły tyle „szkody” badanym pieniężskim profilom, warto może byłoby napisać coś o ich przyczynach (?kryzys węglanowy), bo zapewne nie wszędzie winić można wytłoczenia tektoniczne. Mimo zrozumiałej rezerwy Doktorantki, może jednak warto byłoby pobrać choćby pilotażowo materiał z tych mocno skondensowanych wczesnotoarczych odcinków, aby sprawdzić czy któraś próba nie dostarczy na tyle lekkich wartości $\delta^{13}C$, aby móc powiedzieć, że gdzieś w tym miejscu mogło wystąpić toarckie zaburzenie cyklu węglowego o wyjątkowych przecież amplitudach. Efekt korelacyjny rzetelnie uwidocznił na Fig. 8 i 9 nie mógł być imponujący, bo do trgo potrzebne są długie, ciągłe profile z gęstymi seriami wiarygodnych danych. Osiągnięta korelacja $\delta^{13}C$ istniejącej stratygrafii amonitowej w Pieninach więc nie uściśli. Może jednak stanowić wraz z izotopami tlenu dodatkową przesłankę paleoklimatyczną, gdyż cykl węglowy (choć często z pewnymi przesunięciami czasowymi) też odzwierciedla między innymi zmiany klimatyczne.

Wyniki z badań izotopów tlenu pozwoliły uzyskać dane dotyczące paleotemperatur (mimo wszystkich wymienionych zastrzeżeń), które nawet w izolowanych grupach dają istotne wyniki, przydatne zarówno dla odtworzenia warunków środowiskowych, jak i pomocne w korelacji klimatostratygraficznej. Ogólnie mamy więc potwierdzenie (Fig. 7) względnie ciepłych warunków w późnym wczesnym pliensbachu (choć brak potwierdzenia takowych w najwcześniejszym pliensbachu), zarejestrowane zostało jedno z ochłodzeń w późnym pliensbachu (doba Spinatum) oraz ocieplenie we wczesnym/środkowym toarku (choć brak danych z jego najniższej, najciekawszej pod tym względem części).

Przejście do jury środkowej (Fig. 6) znamionuje ogólna zgodność trendu ku ochłodzeniu w aalenie i bajosie, choć jest ono dalekie (pewnie znowu z powodu braku danych z kluczowej granicy jury dolnej i środkowej) od gwałtowności tego wydarzenia zarejestrowanego w północnej i zachodniej Europie, wywołanego zablokowaniem Korytarza Wikingów (Korte i in., 2015). Niemniej, istotne jest potwierdzenie przez Doktorantkę że wpływ zablokowania tej bardzo ważnej drogi cyrkulacji oceanicznej był jednym z kluczowych wydarzeń oceanograficzno-klimatycznych w jurze.

W drugiej pracy przenosimy się do wyższej części jury środkowej i jury górnej. Komentarz do słabo rozpoziomowanego przedziału górny kelowej – środkowy oksford w profilu Niedzica-Podmajerz wymagałby rozwinięcia. Pojawia się tam na krzywej węglowej wychylenie w stronę cięższych wartości $\delta^{13}C$, co mogłoby znamionować wydarzenie związane z grzebaniem węgla organicznego rejestrowane na całej północnej półkuli. Wiadomo też, że po zasygnalizowanym przez Doktorantkę etapie sekwestracji węgla organicznego w środkowym keloweju nastąpiło w późnym keloweju bardzo silne ochłodzenie, trwające do najwcześniejszego oksfordu, skutkujące wymianą faun amonitowych, a nawet (Dromart i in., 2003) zlodowaceniem – i warto byłoby tę właśnie pracę przywołać.

Na koniec pewna sugestia: może w przyszłości Doktorantka weźmie pod uwagę kilka innych miejsc w Pieninach, gdzie można zebrać dość obfity materiał belemnitowy. Mam na myśli między innymi formację wapieni z Flaków w rejonie Sromowiec Wyżnych. Nie przesądzając czy jakość tych skamieniałości będzie wystarczająca,

może warto spróbować, bo w opublikowanym materiale dane ze schyłku wczesnego i początku późnego bajosu są stosunkowo słabo reprezentowane.

Konkluzja

Powyższe uwagi dyskusyjne w niczym nie umniejszają wysokiej oceny pracy wykonanej przez Doktorantkę, która z posiadanych materiałów i przy zastosowaniu dostępnych metod, przy istniejących obiektywnie ograniczeniach, osiągnęła moim zdaniem bardzo zadawalające rezultaty badawcze, potwierdzone dobrymi publikacjami w znanym międzynarodowym periodyku.

Biorąc pod uwagę wszystkie elementy oceny recenzowanej pracy stwierdzam, że rozprawa mgr Agnieszki Arabas stanowi oryginalne rozwiązanie samodzielnie podjętego zadania badawczego i zgodnie z *Ustawą z dn. 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym (...)* może stanowić podstawę do nadania stopnia naukowego doktora. W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie Doktorantki do publicznej obrony.



prof. dr hab. Grzegorz Pieńkowski