

Paleoceanografia Morza Waryscyjskiego na podstawie składu izotopowego konodontów

Jolanta Dopieralska*

Biogeniczne fosforany (konodony, zęby rekinów, szczątki ryb) zawierają stosunkowo duże ilości pierwiastków ziem rzadkich (REE). Pierwiastki te zostały wbudowane w strukturę fosforanów z wody morskiej, gdy szczątki fosforanowe leżały na dnie morza, przed ich ostatecznym przykryciem osadem. Podczas tego krótkotrwałego procesu nie zachodzi żadna zmiana w stosunkach izotopowych. Sygnatury zapisane w kopalnych szczątkach fosforanowych odzwierciedlają więc z reguły pierwotne parametry geochemiczne wody morskiej. Najnowsze badania pokazują ponadto, że ani procesy diagenety, ani nawet przegrzanie w wyniku pograżenia osadów, nie wywołują zmian sygnatur izotopowych REE w fosforanach. Dlatego też biogeniczne fosforany odgrywają obecnie decydującą rolę w badaniach paleoceanograficznych przy rekonstrukcji chemizmu wody morskiej i jej cyrkulacji. W badaniach tych wykorzystuje się przede wszystkim stosunki izotopów neodymu, rzadziej stosunki między poszczególnymi pierwiastkami ziem rzadkich.

Neodym występujący w wodzie morskiej pochodzi prawie wyłącznie ze skał skorupy kontynentalnej i łuków wysp wulkanicznych. Skały bazaltowe skorupy oceanicznej (MORB i OIB) nie są nigdzie erodowane na dużą skalę i dlatego nie odgrywają istotnej roli jako źródło neodymu. W rezultacie stosunki izotopów neodymu ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) w oceanach są niskie. Jedynie w pobliżu erodowanych łuków wysp obserwujemy stosunki wyższe (bardziej radiogeniczne). Neodym pozostaje w wodzie morskiej przez okres zaledwie kilkuset do około 1500 lat, a więc krócej niż okres całkowitego wymieszania wód oceanicznych. Woda morska wykazuje zatem regionalnie bardzo różne stosunki izotopów neodymu (najczęściej określane parametrem „eNd”) odzwierciedlające sygnatury występujące w erodowanych skałach na otaczających oceany kontynentach. Na ostateczny obraz zróżnicowania wartości eNd w morzach i oceanach wpływa w znacznym stopniu aktywność geotektoniczna skorupy w danym obszarze (obecność lub brak stref subdukcji), istnienie wielkich rzek na otaczających lądach oraz sam system cyrkulacji wód morskich. Współcześnie, woda morska na otwartych przestrzeniach oceanicznych jest generalnie bardziej radiogeniczna (ma wyższe wartości eNd) niż woda mórz epikontynentalnych i stref przybrzeżnych (niższe wartości eNd).

W ramach projektu badawczego, którego celem jest rekonstrukcja cyrkulacji wód morskich w Morzu Waryscyjskim (*sensu* Neugebauer, 1988) pomiędzy Gondwaną a Euroameryką w późnym dewonie, dokonano pomiarów izotopów neodymu w konodontach pochodzących z profili Maroka, Francji i południowej Polski (Sudety, okolice Kra-

kowa, Góry Świętokrzyskie). Uzyskane dane wskazują przede wszystkim na różny chemizm wód na szelfie Polski południowej w porównaniu z północnym szelfem Gondwany.

W utworach famenu okolic Krakowa i w Górach Świętokrzyskich wartości eNd wahają się -3 do -10, a stosunki Sm/Nd są bardzo podobne do wartości cechujących wody współczesnych oceanów. Oprócz tego obserwujemy okresowe wahania wartości eNd, które odzwierciedlają epizody wtargnięcia wód oceanicznych na szelf w trakcie pulsów transgresywnych i fazy niskiego stanu poziomu morza ze wzmożoną dostawą neodymu z kontynentu. Pierwsze dane z górnego famenu Sudetów (Dzikowiec) wskazują na obecność tam wód silnie radiogenicznych (eNd od -3 do -5) najprawdopodobniej na skutek erozji znajdującego się gdzieś w pobliżu fragmentu paleozoicznej skorupy.

Dotychczas najwięcej pomiarów wykonano na konodontach ze wschodniego Antyatlasy, gdzie osady górnego dewonu odsłaniają się na dużych obszarach, a rozkład facji jest bardzo dobrze rozpoznany. Wartości eNd konodontów są na ogół niskie, przeważnie pomiędzy -7 a -11, wskutek silnego wpływu kontynentalnego neodymu z pobliskiego kratonu zachodniej Sahary. Zróżnicowanie oboczne jest duże i wywołane skomplikowanym planem facjalnym. Umożliwiło ono dokładną rekonstrukcję cyrkulacji wód morskich i pokazanie, że generalny kierunek cyrkulacji był z SW ku NE. Woda oceaniczna docierała z SW, lecz była w dużym stopniu zatrzymywana przez płytka platformę węglanową Maderu. Do najważniejszych dotychczas uzyskanych wyników należą dane izotopowe uzyskane z osadów facji Kellwasser. Te czarne, częściowo anoksyczne osady wapienne i ilaste mają na szelfie Gondwany inny zasięg stratygraficzny i znacznie większe rozprzestrzenienie niż w Europie. Facja Kellwasser zaczyna się już w połowie franu, na początku zony konodontowej 11 (*jamieae*), i sięga aż do zony *rhomboidea* w famenie. Stosunki izotopów neodymu pokazują, że początek facji Kellwasser nastąpił w warunkach stagnacji wód, a nie był, jak dotychczas przypuszczano, związany z transgresją basenowych wód anoksycznych na szelf północnej Gondwany.

W Montagne Noire (południowa Francja) facja Kellwasser tworzy w niektórych miejscach (np. w profilu Coumiac), podobnie jak w Reńskich Górach Łupkowych, dwie cienkie wkładki wapienne w najwyższym franie. Wartości eNd konodontów z osadów Kellwasser w Coumiac są zaskakująco niskie w porównaniu z osadami leżącymi powyżej i poniżej nich, co dowodzi, że rozwój warunków anoksycznych następował w trakcie epizodów regresywnych.

Literatura

*Justus-Liebig Universität Giessen, Institut für Geowissenschaften und Lithosphärenforschung, Senckenbergstr. 3, D-35390, Giessen, Germany; jolanta.dopieralska@geolo.uni-giessen.de

NEUGEBAUER J. 1988 — The Variscan plate tectonic evolution: an improved lapetus model. Schweizerische Mineralogisch-Petrographische Mitteilungen, 68: 313–333.