



DARIUSZ NAST

Pomiar promieniowania  
w muszli kredowego  
amonita

# W POSZUKIWANIU PROMIENIOTWÓRCZYCH SKAMIENIAŁOŚCI

Skamieniałości wzbudzają ogromne zainteresowanie, wręcz fascynację. Są dowodem istnienia dawnego życia, nieco innego niż obecne. Szukając śladów dawno minionej przyrody, nie zdajemy sobie sprawy, że skamieliny mogą być źródłem promieniowania.

## Magdalena Długosz-Lisiecka

Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej  
Politechnika Łódzka

## Daniel Tyborowski

Wydział Biologii i Nauk o Środowisku  
Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego  
w Warszawie

**Z**e skał można wiele odczytać, i to w sposób dosłowny, za pomocą nowoczesnych, wręcz unikatowych technik spektrometrycznych. Jeśli uzbroimy wysokorozdzielczy spektrometr promieniowania gamma w aktywny i pasywny układ redukcji tła, to system staje się idealnym narzędziem do analizy niskich stężeń izotopów promieniotwórczych. Wysoka precyzja pomiarowa daje wiele możliwości interpretacji badanego materiału, a możemy badać skały oraz skamieniałości. Spektrometria gamma pozwala na pomiar zawartości większości izotopów promieniotwórczych obecnych w otoczeniu człowieka, w wodzie, powietrzu i skorupie ziemskiej. Charakterystyczna energia promieniowania gamma określa rodzaj izotopu promieniotwórczego, a pole pod pikami na widmie spektrometrycznym określa aktywność izotopu. Informacja jakościowa i ilościowa oraz stosunki izotopowe to podstawowe wskaźniki radiometryczne charakteryzujące badany materiał. Każdy materiał zawiera charakterystyczną kompozycję izotopową stanowiącą wręcz indywidualny odcisk palca. Co prawda izotopy nie określają rodzaju organizmu biologicznego utrwalonego w matrycy skalnej, ale powiedzą z pewnością dużo o środowisku geologicznym. Dobrze znanym zastosowaniem izotopów jest datowanie na czele z metodą C-14, stosowaną w odniesieniu do materii organicznej. Skamieniałości, które są przedmiotem naukowego zainteresowania, mają jednak miliony, czasem setki milionów lat, wobec czego metoda C-14 staje się bezużyteczna z racji bazowania na izotopie, którego czas połowicznego rozpadu wynosi jedynie 5730 lat. Metod datowania izotopowego jest więcej, ale nie o datowanie chodzi.

## Promieniowanie

Każdy pierwiastek występuje w przyrodzie w postaci kilku wariantów zwanych izotopami. Izotopy danego pierwiastka mają taką samą liczbę elektronów (cząstek naładowanych ujemnie), które krążą wokół jądra atomowego, i jednakową liczbę protonów (cząstek naładowanych dodatnio) w jądrze. W jądrze atomowym

oprócz protonów występują również neutrony (cząstki elektrycznie obojętne) i to właśnie ich liczbą różnią się izotopy każdego pierwiastka chemicznego. Niektóre izotopy rozpadają się z większą, a inne z mniejszą szybkością. Te, których czas rozpadu jest mniejszy niż wiek Ziemi (około 4,6 mld lat) nazywamy izotopami promieniotwórczymi. W trakcie takiego rozpadu dochodzi bowiem do uwolnienia energii w postaci promieniowania.

Badania radiometryczne różnych próbek geologicznych pokazały pewne naturalne prawidłowości. Izotopy pozostają w podobnych relacjach z sobą, jeśli jest dużo U-238, to zwykle jest również dużo podobnego chemicznie Th-232. Naturalne jest też to, że izotopy z tego samego szeregu promieniotwórczego są z sobą mocno skorelowane. Izotopy z różnych szeregów niekoniecznie, ale tendencja pozostaje ze względu na podobny chemizm izotopów macierzystych (czyli właśnie U-238, U-235 czy Th-232). Tylko w procesach antropogenicznych, nienaturalnych tendencje zostają zachwiane i mamy do czynienia z separacją izotopową, a więc z filtracją jednych izotopów względem drugich i ich ewentualnym dalszym zagęszczaniem. To znaczy, że studiując skład izotopowy wybranych próbek materiałów, potrafimy określić, czy mają one pochodzenie naturalne, czy też powstały dzięki działalności człowieka. Wiemy, że niektóre skały i skamieniałości mają wyższą zawartość izotopów promieniotwórczych i zwykle dotyczy to wszystkich naturalnych izotopów z szeregów promieniotwórczych.

Okazuje się, że rozkładające się szczątki organizmów i duże nagromadzenie bakterii, które towarzyszą procesowi rozkładu materii organicznej, sprzyjają powstawaniu fosforanów. Minerale fosforanowe mają tendencję do impregnowania i idealnego wręcz konserwowania miękkich i twardych tkanek organicznych. Pierwiastkowy fosfor chętnie łączy się z uranem,



MAGDALENA DŁUGOSZ-LISIECKA



### dr hab. Magdalena Długosz-Lisiecka

Profesor uczelni, wykładowca i badacz zatrudniony w Międzyresortowym Instytucie Techniki Radiacyjnej Politechniki Łódzkiej. Specjalizuje się w analizach radiometrycznych próbek środowiskowych. Oznaczane izotopy wykorzystuje jako znaczniki procesów zachodzących w przyrodzie.  
magdalena.dlugosz@p.lodz.pl



### dr Daniel Tyborowski

Jest paleontologiem i geologiem. Prowadzi badania w dziedzinie paleoekologii i morfologii funkcjonalnej jurajskich kręgowców morskich. W swoich badaniach wykorzystuje metody tomograficzne i geochemiczne, by poznać życie oraz wygląd wymarłych ryb i gadów morskich. Popularyzator nauk o Ziemi, wykładowca Wydziału Biologii i Nauk o Środowisku UKSW.  
paleodanieltyborowski@gmail.com

Jurajski amonit z Francji. Okaz zachowany dzięki fosfatacji pierwotnie węglanowej muszli

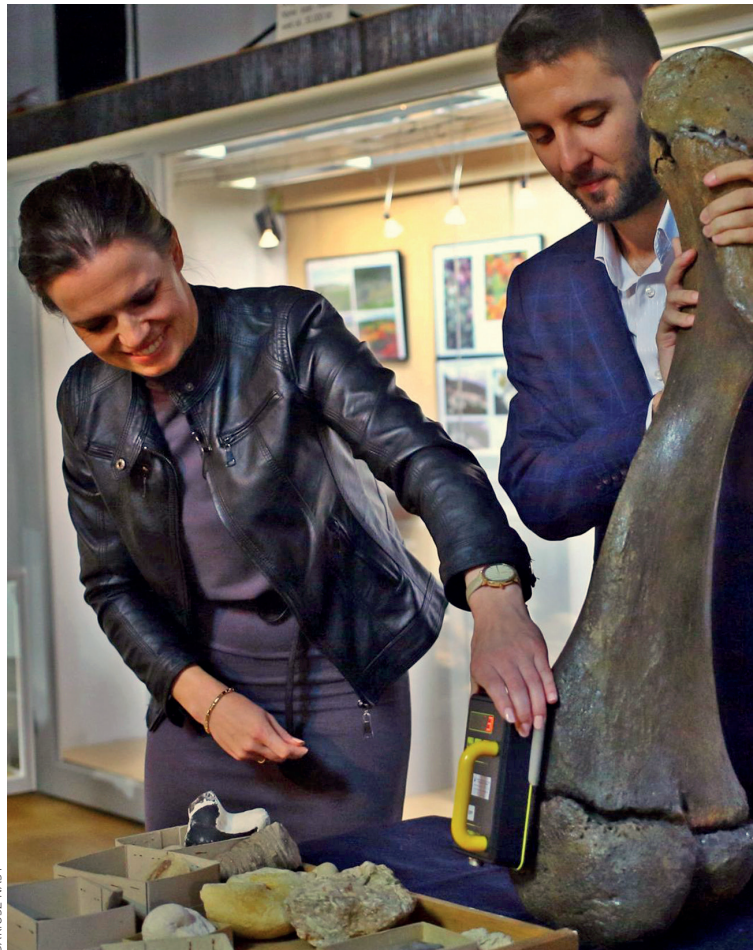


Pomiar promieniowania  
w zuchwie i zębie  
trzonowym plejstoceńskiego  
mamuta włochatego



DARIUSZ NAST

Pomiar  
promieniowania  
w kości długiej  
plejstoceńskiego  
mamuta włochatego



DARIUSZ NAST

który jest łatwo dostępny w osadach, co sprzyja naturalnemu procesowi zagęszczania związków uranu w sfosforyzowanych skamieniałościach. Jeśli proces rozkładu jest długi, a fosforu i uranu dużo w otoczeniu szczątków organicznych, to są to idealne warunki do efektywnego nagromadzenia promieniotwórczych izotopów uranu. W specyficznych warunkach gromadzą się duże ilości macierzystych izotopów U-238 i U-235, a w dalszej długiej historii również kolejnych pochodnych w postaci produktów ich rozpadów. Każda skała zawiera izotopy uranu, ale nie każda skała wykazuje koncentracje rzędu kBq aktywności w 1 kg masy. Zwyczajowo 1 kg skały osadowej zawiera aktywności naturalnych pochodnych U-238, tj. Th-234 czy Ra-226, na poziomie 20–40 Bq. Ząb dinozaura zawarty w opoce wapiennej może zawierać U-238 na poziomach nawet 10 razy większych, a to dzięki apatytowi, który jest naturalnym minerałem z grupy fosforatów.

## Skamieniałości

Szczególnym przypadkiem skały są fosforyty, znane z racji ich zastosowania do produkcji nawozów sztucznych. Fosforyty jako naturalne źródło fosforu pochodzącego ze szczątków organicznych zawierają naturalnie nagromadzony uran i jego pochodne. Jeśli w tych fosforytach znajdują się skamieniałości, to są one przykładem bardzo aktywnych promieniotwórczo obiektów naturalnych wykazujących koncentrację izotopów wyższą niż otaczająca je skała macierzysta.





Pomiar promieniowania w zębie kredowego gada morskiego (mozazaura). Okaz pochodzi z bogatych w fosforyty osadów z Maroka

Literatura światowa dostarcza niewiele przykładów identyfikacji promieniotwórczych skamieniałości. Zwykle jednak opisy dotyczyły zębów i kości kręgowców lub muszli bezkręgowców – a więc składników twardych naturalnie zawierających fosfor.

Najnowsze badania zespołu z Międzyresortowego Instytutu Techniki Radiacyjnej Politechniki Łódzkiej i Polskiej Akademii Nauk – Muzeum Ziemi dowodzą, że również skamieniałe struktury miękkie mogą zawierać wzbogacone zawartości izotopów promieniotwórczych. Badacze odkryli, że w specyficznych oknach tafonomicznych proces sorpcji jest możliwy właśnie dzięki skamieniałościom. Fosfatacja, czyli proces polegający na zastąpieniu oryginalnej tkanki materiałem fosforanowym, jest jednym z najważniejszych mechanizmów prowadzących do zachowania miękkich części ciała takich jak mięśnie czy skóra w stanie kopalnym. Najnowsze badania polskiego zespołu pokazały, że fosfatacja sprzyja nie tylko zachowaniu miękkiej anatomii, lecz także powstawaniu radioaktywnych skamieniałości. Wydaje się więc, że skamieniałości można szukać radiometrem. Teoretycznie jest to możliwe! Jednak nie jest to proste.

Żeby rzetelnie ocenić zawartość pierwiastków promieniotwórczych w skamieniałościach, należy przeprowadzać pomiary długie z redukcją tła i wysoką precyzją identyfikacji izotopowej. Prosty radiometr może jedynie wskazać, czy dany strumień promieniowania jest większy, czy mniejszy, i to z bliskiej odległości.

Skamieniałości, nawet te o podwyższonej zawartości wybranych pierwiastków promieniotwórczych, nie stanowią zagrożenia radiacyjnego. Są ciekawostką przyrodniczą, ale nie należy ich postrzegać jako problemu czy niebezpieczeństwa. Człowiek również w strukturach swojego ciała zawiera pierwiastki promieniotwórcze.

Należy tutaj zadać pytanie: jak wygląda rozkład przestrzenny radioaktywnych skamieniałości na świecie? Okazuje się, że unikatowe stanowiska paleontologiczne (wspomniane okna tafonomiczne, zwane także złożami skamieniałości), w których występują cenne dla nauki okazy zachowane dzięki procesom fosfatacji, występują na całej kuli ziemskiej. Szeroko są znane skamieniałości z Maroka. Lecz tego typu znaleziska występują również w Europie, Ameryce Południowej, Azji czy Australii. W samym Maroku występują olbrzymie pokłady fosforytów, w których są zachowane przepiękne skamieniałe zęby i kości mozazaurów, plezjozaurów, ryb kostnoszkieletowych i rekinów, a także szczątki olbrzymich żółwi morskich, pterozaurów i dinozaurów. Obszar ten wydaje się perspektywiczny dla badania zjawiska promieniotwórczych skamieniałości. Z powodu składu mineralnego, czyli dużej zawartości fosforanów, w większości przypadków mamy do czynienia z okazami, które przy bliższym zbadaniu wykazują podwyższoną promieniotwórczość. Radioaktywność skamieniałości jest powiązana z procesem fosylizacji, więc pośrednio z miejscem ich powstawania na dnie dawnych oceanów. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Długosz-Lisiecka M., Tyborowski D., Krystek M., *Radioactive fossils: The uranium anomaly and its paleobiological implications*, „Chemosphere” 2021, doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131444.

Jaworowski Z., Pensko J., *Unusual Fossil Bones from Mongolia*, „Nature” 1967, 214.

Koul S.L., *Uranium in fossil bones*, „Radiation Effects Letters” 1979, 43.