

Mgr Krzysztof Owocki

Instytut Paleobiologii PAN

Autoreferat rozprawy doktorskiej:

Środowisko pogrzebania kredowych dinozaurów z Pustyni Gobi, Mongolia

Kości tworzące wewnętrzny szkielet kręgowców przechodzą do zapisu kopalnego na drodze złożonych procesów diagenetycznych. Stan zachowania mikrostruktury kości oraz jej skład chemiczny są wypadkową czynników abiotycznych zależnych od środowiska pogrzebania (Eh, pH, dostępność jonów, skład wód porowych, klimat), co czyni ze skamieniałości lądowych kręgowców potężne narzędzie do rekonstrukcji paleośrodowiskowych. W niniejszej rozprawie, przy pomocy szeregu nowoczesnych metod analitycznych, przedstawiono pierwszą kompleksową analizę mikrotafonomiczną i geochemiczną szczątków kredowych dinozaurów z Pustyni Gobi (Kotlina Nemegt oraz Basen Ulan Noor). Uzyskane wyniki skonfrontowano ze znanymi z literatury modelami sedymentologicznymi opracowanymi dla tego obszaru w celu rekonstrukcji i weryfikacji środowiska pogrzebania kości z tych słynnych stanowisk paleontologicznych

Formacja Nemegt charakteryzuje się dość jednorodnym stanem zachowania szkieletów dinozaurów. Kości, często zachowane w anatomicznym porządku, pogrzebane są w osadach wypełniających koryta rzeczne w pozycji bocznej. Ślady pograźów towarzyszące niektórym takim szkieletom sugerują, że przynajmniej część okazów była pogrzebana jako kompletne lub prawie kompletne trupy, które pograżyły się w nawodnionym osadzie aż do poziomu bruku korytowego. W kilku przypadkach zachowane są także odciski skóry w zlityfikowanym piaskowcu otaczającym szkielety dinozaurów.

Obserwacje poczynione za pomocą mikroskopii optycznej i skaningowego mikroskopu elektronowego wskazują na doskonały stan zachowania mikrostruktury kości dinozaurów z kotliny Nemegt. W większości badanych okazów występują radialne spękania osteonów oraz odspojenia blaszek okalających wewnętrznych, wskazujące na pęcznienie kolagenu w czasie wczesnej diagenety pod wpływem rozkładu (hydrolizy) w środowisku nasyconym wodą. Drażenia mikrobialne są bardzo rzadkie w kościach dinozaurów z Nemegt i zwykle występują w niewielkich lokalnych skupieniach. Wyjątek stanowią pojedyncze kości znalezione w bruku korytowym ze śladami drażeń wykonanych przez sinice, sugerujące ekspozycję

przynajmniej części kości na powierzchni dna rzecznoego na czas kolonizacji ich powierzchni i przez maty mikrobialne.

Wyjątkowy kontrast do nielicznych biodrażen stanowi obecność struktur biomineralnych, wytworzonych przez biofilmy, zarówno wewnątrz kanałów naczyniowych, jak i na powierzchni beleczek kostnych i ścian jam szpikowych, które w poszczególnych kościach występują masowo. Na podstawie morfologii można wyróżnić biofilmy bakteryjne, grzybicze oraz o charakterze mieszanym. Badania składu chemicznego biostruktur mineralnych wykonane mikrosondą elektronową i detektorem EDAX oraz mapy widm ramanowskich wykazały obecność niestechiometrycznych tlenków żelaza i manganu, zaś w niektórych porowatych rdzeniach mikrokonkrecji wykryto ślady materii węglistej, będącej być może pozostałością po kolonijnych mikroorganizmach, które na drodze reakcji biochemicznych wytrącały mieszaninę minerałów w otoczkach śluzowych kolonii. Wpływ biofilmów na stan zachowania kości jest stosunkowo nowym i słabo zbadanym problemem w tafonomii kręgowców. Wydaje się jednak, że działalność biomineralizacyjna takich asocjacji mikroorganizmów ma pozytywny wpływ na stan zachowania kości, gdyż wytrącone fazy mineralne blokują drogę migracji innym mikroorganizmom, które mogłyby penetrować i niszczyć strukturę wewnętrzną kości. Tlenki manganu i żelaza wytrącane przez dzisiejsze mikroorganizmy są niestechiometrycznymi uwodnionymi mieszaninami mineralnymi, które później, w wyniku diagenety, przechodzą w bardziej stabilne fazy, zacierając swoja pierwotną strukturę.

Typowymi minerałami późno diagenetycznymi są kalcyt i baryt. Minerale te wypełniają zarówno kanały Haversa, jak i jamy szpikowe kości dinozaurów z kotliny Nemegt. Baryt dominuje w nielicznych kościach, wypełniając całkowicie pustki, bądź też tworząc subidiomorficzne kryształy. Kalcyt jest najpowszechniejszą fazą mineralną w kościach dinozaurów, zarówno w kanałach naczyniowych, jak i jamach szpikowych. W niektórych przypadkach tworzy cały szereg generacji, przyjmując formy drobnoziarnistych mikrytowych mozaik, jak i dużych palisadowych kryształów. Sposób krystalizacji kalcytu wydaje się być kluczowy dla zrozumienia różnego stanu zachowania biofilmów w kościach z kotliny Nemegt. W stanowisku z Tsagan Khushu i Altan Ula w kościach, w których stwierdzono doskonale zachowaną strukturę biofilmów kalcyt jest jednorodny co sugeruje szybką krystalizację w stałych warunkach geochemicznych wód porowych. Natomiast w kościach, w których biofilm jest bardziej masywny i rekrystalizowany, kalcyt ma bardziej

sparytowy charakter, wykazując budowę pasmową w katodoluminescencji, co sugeruje długotrwałą krystalizację przy cyklicznych zmianach składu wód porowych. pojedyncze

Profile i sygnatury geochemiczne uzyskane laserowo-ablacyjną spektrometrią mas (LA-ICP-MS) wskazują, że wychwyt uranu i lantanowców był stosunkowo szybkim procesem w końcowej fazie wczesnej diagenety, gdy kostny fosforan ulegał rekrytalizacji. Kości z Nemegt nie osiągnęły pełnego nasycenia względem wód porowych, gdyż proces wychwytu został przerwany przez krystalizację późno diagenetycznych minerałów i cementację otaczającego osadu. Dlatego też profile koncentracji lantanowców w poprzek trzonów kości długich maleją wykładniczo ku jamie szpikowej. Sygnatury geochemiczne dla kości z kotliny Nemegt są zgodne z modelem geochemicznym przewidzianym dla kości pogrzebanych w środowiskach rzecznych. Pozostałe pierwiastki, takie jak siarka czy stront, ulegały szybkiemu diagenetycznemu wychwytowi, gdyż ich promienie jonowe były dopasowane do struktury krystalicznej rekrytalizującego apatyty, zaś koncentracje w wodach rzecznych i podziemnych były wysokie. Natomiast metale niedopasowane do struktury apatyty, takie jak cynk, miedź i bar zwykle mają w kościach dinozaurów niskie, śladowe koncentracje w zakresach spotykanych w dzisiejszych kościach „*in vivo*”. Negatywne anomalie cerowe występują w większości kości z formacji Nemegt i mają niewątpliwie pierwotny charakter, jednakże niekoniecznie świadczą o utleniających warunkach panujących w osadzie otaczającym kości w czasie wczesno diagenetycznego wychwytu lantanowców

Kości dinozaurów ze stanowiska Bajn Dzak mają znacznie prostszą historię pogrzebienia. Znaleziono je w osadach eolicznych i mają one doskonale zachowaną mikrostrukturę z pustymi jamkami i kanalikami kostnymi. W nielicznych przypadkach kanały Haversa są wypełnione kalcytem i barytem i na kościach tych nie stwierdzono obecności jakichkolwiek śladów działalności mikroorganizmów. Jamy szpikowe są we wszystkich przypadkach wypełnione osadem o poikilitowym cemencie kalcytowym. Sygnatury i profile geochemiczne z Bajn Dzak wskazują na wyraźnie odmienne środowisko w porównaniu ze stanowiskami z kotliny Nemegt. Płaskie zrównoważone profile koncentracji lantanowców w poprzek trzonów kości są wzbogacone w średnie lantanowce. Sygnatury geochemiczne są typowe dla środowisk eolicznych (strefa aeracji), zaś niskie koncentracje uranu sugerują ograniczony dostęp wód podziemnych.

Stan zachowania mongolskich dinozaurów kredowych formacjach można wytłumaczyć za pomocą modelu Jerzykiewicza (1998; 2000), według którego pod koniec kredy obszar dzisiejszej południowej Mongolii był odpowiednikiem afrykańskiej kotliny

Okawango. Formacja Nemegt z rozwiniętą siecią rzeczną odpowiadałaby dzisiejszej rozległej oazie Okawango, zaś formacja Djadokhta byłaby zapisem otaczających ją suchych obszarów z rozwiniętymi polami wydmy. Pojawiające się raz na kilkanaście lat zaburzenia w cyklu monsunowym, który pod koniec kredy obejmował również tereny dzisiejszej Mongolii, mogły powodować katastrofalne susze związane z niskim poziomem i lokalnym wysychaniem rzek, przyczyniając się do dużej śmiertelności żyjących tam dinozaurów. Nadejście spóźnionej pory deszczowej w formie nawałnic powodowało gwałtowny przybór wód rzecznych i powodzie, niosące ze sobą duże ilości osadu, który nagle grzebał ciała zwierząt zgromadzonych wokół nielicznych źródeł wody i padłych najprawdopodobniej z głodu. Te same nawałne deszcze powodowałyby spływy błotne na polach wydmy, które stawały się często śmiertelną pułapką dla żyjących w ich pobliżu zwierząt. Przemieszczenia kości i brak poszczególnych części szkieletu w przypadku badanych okazów dinozaurów można przypisać ich niedawnej ekspozycji na procesy erozji i wietrzenia pustynnego.