

EWOLUCJA

Nr 6, maj 2016

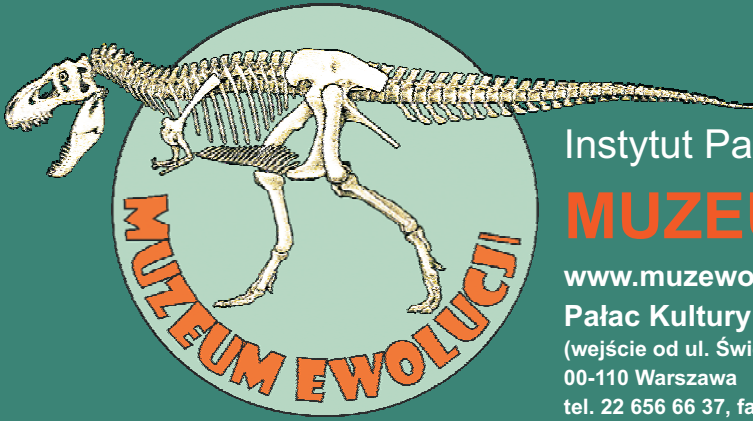


ZAKŁAD PALEOBIOLOGII I EWOLUCJI UW
INSTYTUT PALEOBIOLOGII PAN
MUZEUM EWOLUCJI

Polowanie na dinozaury



ISSN 1730-4822
WARSZAWA 2016



Instytut Paleobiologii PAN

MUZEUM EWOLUCJI

www.muzewol.pan.pl

Pałac Kultury i Nauki

(wejście od ul. Świętokrzyskiej)

00-110 Warszawa

tel. 22 656 66 37, fax 22 620 62 25, e-mail: paleo@twarda.pan.pl

Polowanie na dinozaury



Niejednego z dziś dojrzałych badaczy i badaczek przeszłości świata żywego Ziemi zachęciły do studiów paleontologii książki autorstwa profesor Zofii Kielan-Jaworowskiej (1925–2015). Szczególnie zaś *Polowanie na dinozaury* opublikowana w 1969 roku przez Wydawnictwa Geologiczne w Warszawie, w tymże roku przez wydawnictwo Massachusetts Institute of Technology a w późniejszych latach przetłumaczona także na inne języki. W książce tej w popularnym zarysie przedstawione zostały rezultaty Polsko-Mongolskich ekspedycji paleontologicznych na Pustynię Gobi. Ponad pół wieku od ich rozpoczęcia Zofia Kielan-Jaworowska odeszła od nas, pozostawiając po sobie ogromny dorobek, swój i swoich współpracowników, a także rzeszę młodych entuzjastów paleontologii. Wspólnie z nimi przypominamy więc tę ważką epokę w historii polskiej paleontologii.



SPIS TREŚCI

2 Zofia Kielan-Jaworowska i pustynia Gobi

Jerzy Dzik

Zofia Kielan-Jaworowska (1925–2015) była nie tylko wybijającą się badaczką, ale i znakomitym organizatorem badań paleontologicznych oraz popularyzatorką paleontologii wśród młodzieży. Jej książki niejednego i niejedną zachęciły do pogłębiania wiedzy o dinozaurach i towarzyszących im wymarłym czworonogach. Dzięki niej nawet w czasach najtrudniejszych dla polskiej nauki trwał entuzjazm do badań i pogłębiały się związki ze światem.



7 O babci

Zofia Jaworowska

Jedynie mając babcię paleontologa można zobaczyć, że za nauką, potrzebą dociekania prawdy za wszelką cenę, za wiedzą, która konstytuuje nasz świat, stoi człowiek, który porywa się na daleki kontynent, by przybliżyć nam chociaż trochę to, skąd jesteśmy. To dziedzina budowana na empatii wobec przyrody, na niepewności, na bezwzględnej ciekawości, i dlatego to świat pełen emocji, a w jego centrum nadal pozostajemy my. To świat na styku przemijania i rodzenia się czegoś nowego, potrzeby utrwalania i poznawania, to pielęgnowanie ciągłości.



11 Przemiany kredowych faun dinozaurów Pustyni Gobi

Łukasz Czepiński

Odsłonięcia warstw skalnych na Pustyni Gobi zawierają zapis przemian faun lądowych z okresu kredowego obejmujący ponad 60 mln lat. Został on w istotnej części odczytany dzięki wysiłkom badaczy po obydwu stronach granicy mongolsko-chińskiej. Mieli w tym udział także polscy paleontolodzy. Dzięki wspólnemu wysiłkowi wielu pokoleń badaczy wiemy, jakie było następstwo gatunków dinozaurów w regionie Gobi w kolejnych epokach geologicznych.



22 Zagadka zauropodów z pustyni Gobi

Daniel Madzia

Gdyby cały znany obecnie materiał zauropodów z utworów formacji Nemegt został odkryty dzisiaj, prawdopodobnie nie byłoby wątpliwości co do tego, że należał on do jednego gatunku *Nemegtosaurus mongoliensis*. Byłby to jeden z najlepiej poznanych zauropodów na świecie.



27 Kredowy skarbiec skamieniałości na Pustyni Gobi

Krzysztof Owocki

Dzięki postępowi w technikach badawczych można określić precyzyjnie koncentrację nawet bardzo rzadkich pierwiastków w skamieniałych kościach. W kościach z formacji Djadokhta dominują lekkie lantanowce, co wskazuje na pogrzebanie szczątków w środowisku wydmowym, albowiem to właśnie podczas wietrzenia w środowisku powietrznym lekkie lantanowce są adsorbowane przez ziarna mineralne. Natomiast w kościach dinozaurów z formacji Nemegt dominują średnie i ciężkie lantanowce, co sugeruje pogrzebanie kości w osadach rzecznych.



36 Czy dinozaury spały podwodne łąki ramienic?

Maria Ziemińska-Tworzydło

W górnej kredzie kotliny Nemegt na Gobi występują liczne i zróżnicowane stadia przetrwalnikowe ramienic (ogonia), co wskazuje, że zbiorowiska w których żyły rośliny macierzyste były bogate gatunkowo. Dziś takie zespoły ramienic produkują dużo biomasy. Zespoły kopalne mogły więc zaspokoić, przynajmniej w znacznym stopniu, apetyt roślinożerców.



41 Spór o początki lotu owadów

Edwin Sieredziński

Pochodzenie owadów uskrzydłych jest jedną z największych nierozwiązanych zagadek paleobiologii ewolucyjnej. Istnieje wiele hipotez próbujących wyjaśnić przejście od bezskrzydłych szczeciogonków do owadów latających. Jedną z nich przedstawia ten artykuł. Jak było naprawdę, mogą pokazać w przyszłości spodziewane znaleziska stadiów przejściowych.



Zofia Kielan-Jaworowska i pustynia Gobi

Jerzy DZIK

Roman Kozłowski (1889–1977), twórca warszawskiej szkoły paleobiologii, miał szczęście. Wykształcił dwójkę uczniów, którzy z naddatkiem rozwinęli i poprowadzili jego misję nadania polskiej nauce światowego blasku. Wzajemnie się przy tym uzupełniali. Adam Urbanek (1928–2014) był intelektualistą najwyższej próby, badaczem i popularyzatorem wiedzy o przebiegu i teorii ewolucji wśród biologów, geologów i filozofów. Jego koleżanka, zmarła 13 marca 2015 roku Zofia Kielan-Jaworowska, była nie tylko wybijająca się badaczką, ale i znakomitym organizatorem badań paleontologicznych oraz popularyzatorką paleontologii wśród młodzieży. Jej książki niejednego i niejedną zachęciły do pogłębiania wiedzy o dinozaurach i towarzyszących im wymarłym czworonogach. Dzięki niej nawet w czasach najtrudniejszych dla polskiej nauki trwał entuzjazm do badań i pogłębiały się związki ze światem.

Młodość

Zofia Kielan-Jaworowska urodziła się 25 kwietnia 1925 roku w Sokołowie Podlaskim. Kiedy miała dziewięć lat, jej ojciec, biegły księgowy, przeniósł się z Lublina do Warszawy. Matka była kobietą aktywną, z intelektualnymi ambicjami, a stosunkowo dobra sytuacja materialna umożliwiła zapewnienie dwu córkom dobrego wykształcenia. Na przeszkodzie stanęła jednak wojna. Po dwu latach gimnazjum dalsze kształcenie postępowo nielegalnie na tajnych kompletach a później półlegalnie w szkole ogrodniczej, będącej faktycznie liceum. Zakończyło się w 1943 roku podziemną maturą i dołączeniem do tajnych kompletów Uniwersytetu Warszawskiego. W ich ramach Zofia Kielanówna odbyła nieformalną praktykę w Państwowym Muzeum Zoologicznym. Pod opieką jej rodziców przez pewien czas były

dwie jej koleżanki Żydówki, za co w 1991 roku Yad Vashem całą rodzinę uhonorowało tytułem Sprawiedliwych wśród Narodów Świata. Gimnazjalne harcerstwo zamieniło się tymczasem w Szare Szeregi, co po wybuchu Powstania Warszawskiego oznaczało służbę sanitarną. Szczęśliwie, po upadku Żoliborza Zofii przypadkiem udało się wydostać z Warszawy. Związek z Muzeum Zoologicznym okazał się pożyteczny po powrocie do zniszczonego miasta, bo dał nie tylko zajęcie, ale i miejsce zamieszkania wśród szaf ze zbiorami przyrodniczymi. Wtedy znalazła naukowego opiekuna w osobie profesora Romana Kozłowskiego, który przetrwał wojnę zatrudniony jako pracownik techniczny w Państwowym Instytucie Geologicznym (pod niemieckim zarządem sławnego paleontologa Rolanda Brinkmanna). Wraz z reaktywowaniem Uniwersytetu Warszawskiego stała się studentką. W jej wspomnieniach pozostało penetrowanie wraz z profesorem ruin zbombardowanego w 1939 roku budynku uniwersyteckiego (w miejscu dzisiejszego Wydziału Polonistyki), w którym mieściła się Katedra Paleozoologii, w poszukiwaniu resztek zbiorów. Zdarzenie utrwaliło się w jej pamięci, bo poszła wtedy do pracy w nowych białych pantoflach, które bardzo ucierpiały od osmolonych zgliszcz.

Zofia Kielanówna i Adam Urbanek mieli szczęście, że znaleźli się pod opieką profesora Romana Kozłowskiego. Zapewnił im nie tylko rozwój naukowy i intelektualny wolny od wpływów wówczas dominujących ideologii, ale i osłonił swoim autorytetem przed opresyjną władzą polityczną. Pierwsze kilkanaście lat kariery naukowej Zofii Kielan-Jaworowskiej (w 1958 roku wyszła za Zbigniewa Jaworowskiego, znakomitego radiologa o ostrym umyśle i języku) to klasyczne badania kopalnych bezkręgowców, z inspiracji i pod czujnym okiem Romana Kozłowskiego. To jemu zawdzięczała perfekcyjny warsztat badawczy i pozytywistyczny

(w sensie postulatów Koła Wiedeńskiego) stosunek do nauki. Prowadziła rozległe prace terenowe w Górach Świętokrzyskich, które ugruntowały jej zdolności organizacyjne z rzadką umiejętnością podporządkowania sobie i podjętym zadaniom dużego zespołu ludzkiego. Była osobą nieprawdopodobnie dobrze zorganizowaną. Z późniejszych czasów kierowania przez nią Zakładem Paleozoologii PAN pamiętam, jak w obecności osłupiałych interesantów na bieżąco wystukiwała na maszynie szkice potrzebnych im dokumentów.

Jej opracowanie trylobitów ordowickich może do dziś służyć za przykład solidności warsztatowej a monografia aparatów szczękowych kopalnych pierścienic jest klasyką światowej literatury paleontologicznej. Jak to jest w przypadku wielu adeptów paleontologii, jej marzeniem były jednak badania mezozoicznych czworonogich kręgowców. Podejmowane przez polskich badaczy rekonosansowe prace wykopaliskowe w skałach mezozoicznych na terytorium Polski nie przynosiły jednak rezultatów. Szansa zmiany obiektu badań pojawiła się dopiero w 1962 roku, kiedy Roman Kozłowski pojechał do Ulan Bator jako członek delegacji Polskiej Akademii Nauk.

Mongolia

Doszło wówczas do podpisania umowy, w której ramach akademie nauk obu krajów podjęły się organizacji wspólnych badań paleontologicznych na Pustyni Gobi. Gobi jest sławna jako cmentarzysko dinozaurów od czasu amerykańskiej ekspedycji Roya C. Andrewsa w 1922 roku. W ślad za nim w zmienionych układach politycznych udali się Rosjanie, którzy po rekonosansie w 1946 roku zorganizowali bogate w znaleziska ekspedycje w 1948 i 1949 roku. W 1963 i 1964 roku odbyły się pierwsze polskie wyprawy rekonosansowe. Zofia Kielan-Jaworowska kierowała dużymi wyprawami w 1965 i 1966 roku. Po kilku kolejnych kilkusobowych trzytygodniowych wyprawach nastąpiły dwie kolejne duże ekspedycje w latach 1970 i 1971. Wówczas pod presją rosyjskiej konkurencji władze mongolskie odmówiły zgody na dalsze wspólne badania.

Dzięki polskim badaniom formacja Barun Gajot, rozdzielająca formacje sławne z dinozaurów i kredowych ssaków już od czasów przedwojennych ekspedycji ame-

rykańskich, przestała być niema. Rozszerzyły się możliwości badania przebiegu ewolucji faun kredowych Mongolii i mocniejszego uzasadnienia datowania warstw kredowych osadów kontynentalnych Mongolii. Wyniki ekspedycji zostały przedstawione w 64

artykułach opublikowanych pod redakcją Zofii Kielan-Jaworowskiej w tematycznych tomach *Results of the Polish-Mongolian Paleontological Expeditions* monograficznej serii *Palaeontologia Polonica* założonej w 1929 roku przez Romana Kozłowskiego. Ukazywały się od 1969 do 1984 roku; a więc pierwsze publikacje pięć lat po rozpoczęciu wykopalisk. Było to wówczas tempo ekspresowe. Potrafiła je wyegzekwować od swoich podwładnych.

Jako pilna uczennica Romana Kozłowskiego, Zofia Kielan-Jaworowska dbała o roztropne wykorzystanie unikatowego materiału pozyskanego w wyniku wypraw mongolskich. Przyjęła zasadę, że powinien być najpierw opracowany przez nią i innych polskich paleontologów a dopiero później wykorzystany do współpracy z badaczami zagranicznymi. To rzadka i chwalebna dbałość nie tylko o własny, ale i o narodowy interes w badaniach naukowych. Nie wykorzystywała zasobów, by „podwiesić” swoją karierę pod zagranicznych prominentnych badaczy. Wręcz przeciwnie, działała w tym kierunku, by to pod warszawską szkołę paleobiologii podłączona była działalność zagranicznych współpracowników.

Wyniki badań

Pierwszym spektakularnym odkryciem, opublikowanym w *Nature* w 1969 roku było zidentyfikowanie tzw. kości „torbowych” (nazywane tak, bo występują u dzisiejszych torbaczy, choć z ich torbą nie mają bezpośredniego związku) w szkieletach kredowych ssaków multituberkulatów. W kolejnej publikacji w *Nature* z 1975 roku, tym razem przy wsparciu Percy Butlera z londyńskiego



Zofia Kielan-Jaworowska
i Roman Kozłowski

Zofia Kielan-Jaworowska
w Ulan Bator



Natural History Museum, dowodziła, że gobijski ssak *Deltatheridium* był krewniakiem torbaczy. Późniejsze mongolskie znaleziska amerykańskich badaczy potwierdziły tę hipotezę. Okazało się, że już w kredzie wymiana zębów odbywała się w sposób specyficzny dla torbaczy, czyli że jedynym zębem mlecznym był trzeci ząb przedtrzonowy. W tym samym 1975 roku ukazało się w *Nature* jej doniesienie o występowaniu kości „torbowych” także u przodków ssaków łożyskowych z Gobi. Dla porządku należałoby zauważyć, że ówczesne *Nature* było naprawdę wiodącym czasopiśmem naukowym i bardzo się różniło od dzisiejszego komercyjnego i upolitycznionego magazynu. Wyrazem światowego uznania dla wagi polskich ekspedycji był w tymże roku przeglądowy artykuł autorstwa Zofii Kielan-Jaworowskiej w *American Scientist*. W 1979 roku Zofia Kielan-Jaworowska opublikowała w *Nature* kolejny artykuł z dowodem, że sztywna konstrukcja miednicy multiterberkulatów uniemożliwiała

jajorodność, dowodząc małych rozmiarów płodu (jak u torbaczy). W 1987 roku kolejna, tym razem trójautorska, praca w *Nature* dotyczyła pochodzenia stekowców w kontekście znalezisk australijskich ssaków kredowych.

Rezultatem współpracy z amerykańskimi paleontologami nawiązanej podczas pobytu w 1973 roku na Uniwersytecie Harvarda było przede wszystkim współautorstwo (12 autorów) opublikowanej przez University

of California Press w roku 1979 książki podsumowującej stan badań nad mezozoicznymi ssakami.

W 1982 roku Zofia Kielan-Jaworowska zrezygnowała z kierowania Zakładem Paleobiologii PAN, by towarzyszyć mężowi przez dwa lata na stypendium w Paryżu. Rezultatem pracy nad budową czaszki multiterberkulatów w Muséum national d’Histoire naturelle, przy użyciu mikrotomu Junga i woskowych wykrojów, była trójautorska publikacja w *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* z roku 1986. Kto mógł wtedy przewidzieć, że postępy tomografii komputerowej w trakcie kolejnego ćwierćwiecza doprowadzą do upowszech-

nienia niedestrukcyjnych badań skamieniałości? Dzięki wzrastającej stale międzynarodowej reputacji Zofia Kielan-Jaworowska w 1987 roku wygrała konkurs na stanowisko profesora paleontologii Uniwersytetu w Oslo i następnego roku znów opuściła Warszawę. Wróciła dopiero w roku 1995.

Kolejne książkowe podsumowanie wiedzy o ssakach ery mezozoicznej, opublikowane w 2004 roku przez Columbia University Press, możliwe było dzięki współdziałaniu Zofii Kielan-Jaworowskiej z dwójką młodych amerykańskich badaczy (jeden z nich to świeży imigrant z Chin). Ubocznym produktem tej współpracy była w 2001 roku ostatnia już publikacja w *Nature* (trójautorska; Zofia Kielan-Jaworowska jako trzeci autor) proponująca niezależne powstanie charakterystycznej dla ssaków budowy korony zębów trzonowych na południowej i północnej półkuli.

Popularyzacja paleontologii

Dokonania badawcze Zofii Kielan-Jaworowskiej są istotną częścią dorobku polskiej nauki. Kto wie, czy nie równie istotne okażą się mniej wymierne aspekty jej działań. Wraz z Adamem Urbankiem była kontynuatorką warszawskiej szkoły paleobiologii Romana Kozłowskiego; ona jako kierownik zakładu PAN, on zakładu uniwersyteckiego. Pokoje pracowników obu instytucji były wymieszane w jednym korytarzu i sprawy zatrudnienia istotne były tylko w dniu wypłaty wynagrodzenia z różnych źródeł. Tej jedności instytucji badawczych i dydaktycznych sam doświadczyłem, kiedy jako entuzjastyczny licealista zjawiłem się w „dniu otwartym” Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego na prelekcjach obydwójga badaczy i przez obydwoje równie życzliwie przyjęty. Był to dziwny czas, kiedy w księgarniach naukowych było osobne miejsce na półkach dla wydawnictw paleontologicznych i geologicznych. Kiedy profesorom, docentom i adiunktom opłacało się (bynajmniej nie z powodów merkantylnych) pisać podręczniki i artykuły popularnonaukowe. Dorobek tak Adama Urbanka jak Zofii Kielan-Jaworowska zawiera długie ich listy. Jest wśród nich opublikowane przez Wiedzę Powszechną w 1965 roku i zaczytywane przez młodocianych przyrodników „Czterysta milionów lat historii kręgowców” (miałem i ja tę książkę w swojej uczniow-



Pierwsze dane zapisywane w terenie w 1965 roku

skiej bibliotece), „Polowanie na dinozaury” wydane przez Wydawnictwa Geologiczne w 1969 roku oraz „Przygody w skamieniałym świecie” z 1973 roku wydane przez Naszą Księgarnię. Ostatnia z serii książek popularyzujących badania kopalnych kręgowców „In Pursuit of Early Mammals” opublikowana w 2013 roku przez Indiana University Press była skierowana do bardziej zaawansowanych czytelników. Błyskawicznie i z sukcesem przetłumaczona została w 2014 roku przez Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego pt. „W poszukiwaniu wczesnych ssaków”. Zofia Kielan-Jaworowska trwała przy pisarskim warsztacie do ostatnich chwil swojego bogatego i niebywale pracowitego życia, mając w planach kolejną książkę.

Paradoksalnie, ani Adam Urbanek ani Zofia Kielan-Jaworowska nie pozostawili jednak po sobie uczniów podobnej do siebie miary. Jak wielu innych uczonych swojego pokolenia, wagi tego nie doceniali. W Zofii Kielan-Jaworowskiej potrzeba wykształcenia następcy obudziła się dopiero w Norwegii. Jej były doktorant Jørn Hurum kontynuuje tam badania kręgowców kopalnych.

Aktywność publiczna

Kiedy Zofia Kielan-Jaworowska pojawiła się znów w Warszawie, byłem redaktorem *Acta Palaeontologica Polonica*. Znając jej międzynarodowy autorytet i rozległe osobiste kontakty, wiedziałem, że doprowadzi pismo wyżej, niż sam bym mógł to zdziałać, nakłoniłem ją więc w 1997 roku do objęcia redakcji *Acta*. Zapewne słusznie nie przejmując się kadencjami, trwała na tym stanowisku do 2013 roku. Zgodnie z oczekiwaniami doprowadziła czasopismo do światowej czołówki.

Zofia Kielan-Jaworowska była nie tylko dla mnie wzorcem profesora. Świeciła przykładem dobrego smaku w ubiorze, manierach, moralnych i politycznych wyborach. Sprowadziło to na nią kłopoty w strasznym roku 1968. Byłem wtedy maturzystą, więc o ówczesnych sprawach instytutowych wiem tylko z opowieści. Dobrze jednak pamiętam rok 1980, kiedy młodemu pracownikom Zakładu przekazała „cynk” o miejscu nocnego zebrania założycielskiego nielegalnych wówczas związków zawodowych. Dała nam szansę aktywnego uczestnictwa

w wielkim „festynie Solidarności” niemal od początku. Sama przewodniczyła w 1981 roku powołanej przez Prezydium PAN komisji ds. krzywdzących decyzji w latach 1968–1980. Przez późniejsze długie lata pozostawała punktem odniesienia w sprawach najbardziej podstawowych dla tych, którzy pozostawali z nią w kontakcie. Nie mając formalnej władzy była kłopotliwą niekiedy „szarą eminencją” Instytutu. Jednak bez jej i Adama Urbanka obecności trudniej byłoby nam nie pobyć w chwilach zasadniczych wyborów. Choć i jej nie przychodziła do głowy myśl o nietrwałości ustroju politycznego i były czasy, kiedy próbowała (na szczęście bezskutecznie) namawiać młodych pracowników do prób naprawiania ustroju od wewnątrz.

Zofia Kielan-Jaworowska miała w sobie żarliwą wiarę w możliwości ludzkiego rozumu i miała odwagę wiarę tę publicznie deklarować. Nie były to deklaracje czcze, bo mało kto był skuteczniejszy od niej w praktycznym wypełnianiu postawionych sobie zadań. Była w tym zjednoczona ze swoim mężem Zbigniewem Jaworowskim.

Prócz sterty publikacji naukowych i książek Zofia Kielan-Jaworowska pozostawiła po sobie jako pomnik najlepsze w kraju muzeum przyrodnicze – Muzeum Ewolucji Instytutu Paleobiologii PAN w Warszawie. Jego zaczątkiem była wystawa dinozaurów z Pustyni Gobi na 4. piętrze Pałacu Kultury i Nauki otwarta pod koniec czerwca 1968 roku. Dotrwała do roku 1975 roku, kiedy pomieszczenia przez nią zajmowane okazały się niezbędne dla wystawy osiągnięć PRL. W tymże 1975 roku w Parku Kultury w Chorzowie pojawiły się betonowe rekonstrukcje dinozaurów naturalnej wielkości wykonane przez warszawskich paleontologów. To był pierwszy w Polsce „dinopark”, których rozmnożenie nastąpiło w ostatnim dziesięcioleciu. Dopiero w 1984 roku powróciła możliwość eksponowania wyników ekspedycji mongolskich. Zakład Paleozoologii PAN przejął wtedy sale wystawowe Muzeum Zoologicznego w Pałacu Kultury i Nauki z rąk zoologów niezainteresowanych już działalnością wystawienniczą. Ekspozycja znalazła się w dyspozycji byłej wszak pracowniczki Państwowego



Praca nad mongolskim materiałem w Warszawie

Muzeum Zoologicznego. Szyld Muzeum Ewolucji przejęty został po nieudanym projekcie powiązania paleontologii z Ogrodem Botanicznym w Powsinie. Dzięki energicznemu zarządzaniu przez Zofię Kielan-Jaworowską nowa ekspozycja udostępniona została już w następnym roku. Muzeum jest odtąd działem, chlubą i obciążeniem Instytutu Paleobiologii PAN.

Bez Zofii Kielan-Jaworowskiej nie byłoby Instytutu Paleobiologii takim, jaki jest obecnie. Wraz z Jej odejściem polska paleontologia straciła fundament, na którym opierała swoje miejsce w świecie od więcej niż półwiecza. Nie byłoby też zawartego w jej naukowej karierze wzoru do naśladowania dla polskich przyrodników. Dlatego pamięć o jej dokonaniach, pamięć o niej jako wielkiej postaci polskiego życia naukowego pozostanie tak długo, jak długo trwać będzie nauka w Polsce.

Najważniejsze publikacje

- Kielan-Jaworowska, Z. 1965. *Czteryście milionów lat historii kręgowców*. 188 pp. Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1966. Polychaete jaw apparatuses from the Ordovician and Silurian of Poland and a comparison with modern forms. *Palaeontologia Polonica* 16, 1–152.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1969. Discovery of a multituberculate marsupial bone. *Nature* 222, 1091–1092.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1969. *Polowanie na dinozaury*. 96 pp. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1969. *Hunting for Dinosaurs*. 173 pp. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1970. Unknown structures in multituberculate skull. *Nature* 226, 974–976.
- Butler, P.M. & Kielan-Jaworowska, Z. 1973. Is *Deltaitheridium* a marsupial? *Nature* 245, 105–106.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1975. Possible occurrence of marsupial bones in Cretaceous eutherian mammals. *Nature* 255, 698–699.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1975. Late Cretaceous mammals and dinosaurs from the Gobi Desert. *American Scientist* 63, 150–159.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1979. Pelvic structure and nature of reproduction in Multituberculata. *Nature* 277, 402–403.
- Lillegraven, J.A., Kielan-Jaworowska, Z., & Clemens, W.A. (eds), *Mesozoic Mammals. The First Two-thirds of Mammalian History*. 311 pp. University of California Press, Berkeley.
- Kielan-Jaworowska, Z., Presley, R., & Poplin, C. 1986. Cranial vascular system in taeniolabidoid multituberculate mammals. *Transactions of the Royal Society of London B* 313, 525–602.
- Kielan-Jaworowska, Z., Crompton, A.W., & Jenkins, F.A. 1987. The origin of egg laying mammals. *Nature* 326, 871–873.
- Luo, Z.-X., Cifelli, R.L., & Kielan-Jaworowska, Z. 2001. Dual origin of tribosphenic mammals. *Nature* 409, 53–57.
- Kielan-Jaworowska, Z., Cifelli, R.L., & Luo, Z.-X. 2004. *Mammals from the Age of Dinosaurs: Origins, Evolution, and Structure*. 630 pp. Columbia University Press, New York.

O babci

Zofia JAWOROWSKA

Moja babcia, profesor paleobiologii Zofia Kielan-Jaworowska zmarła 13 marca 2015 roku. Zmierzenie się i rozliczenie z dorobkiem kobiety tak niezłomnej i zahartowanej przez życie i pracę nie jest łatwym obowiązkiem dla wnuczki. Zwłaszcza, kiedy wybrało się skrajnie odmienną drogę rozwoju.

Pracuję jako tłumacz. Studiowałam filozofię, antropologię społeczną (ku wielkim smutom babci, niestety nie fizyczną) i scenariopisarstwo. Moje życie zawodowe kręci się wokół współczesnej kultury; nie da się ulokować dalej od bogatej tradycji polskiej paleontologii, niż ja. A jednak z babcią, która z mojej perspektywy miała dostęp do wiedzy totalnie tajemnej i hermetycznej, odnajdywałam ogrom wspólnego języka. Nie tylko ze względu na relacje rodzinne, bo z tymi bywa różnie, ale przede wszystkim ze względu na wspólne podejście do fundamentalnych kwestii, takich jak praca i dziejowość, potrzeba usytuowania się w czasie, w nurcie zmian. Zarówno kultura, jak i nauka, są naocznym odbiciem tempa i kierunku tych zmian. Babcia miała tego świadomość, która pozwalała jej na stanowcze określenie wagi swojej roli w budowaniu tych dziejów. Wybrała inspirujący sposób sprawiania, że świat zmienia się na lepsze. Dlatego chciałabym wykorzystać tę okazję do przybliżenia postaci babci, profesor Zofii Kielan-Jaworowskiej, z perspektywy stuprocentowej humanistki. Bo choć to może rzadka refleksja w czasach, kiedy mamy poczucie, że nauka to abstrakcja, coraz bardziej odseparowana od człowieka, to dla mnie nauka to czysty humanizm, świat pełen empatii i zrozumienia dla tego, kim jest człowiek.

Paleontologia w domu była odkąd paamiętam. Na półce w moim różowym pokoiku ramię w ramię leżały gipsowe odlewy trylobitów i amonitów, plastikowe figurki diplodoków i pterodaktyli. Z kartonów zapakowanych po moich dziadkach, pełnych zdjęć i enigmatycznych papierzysk, wygrzebałam zeszyt ze słynnej serii „zeszyty

babci”. Od razu odtworzyłam sobie w głowie rozkoszne wspomnienie. Babcia, w swoim zawałonym folderami, katalogami, mikroskopami i pudełeczkami z kosteczkami gabinecie, rysowała w specjalnie do tego przeznaczonym zeszycie dinozaury, czaszki i wszelkie skamieniałości. Następnie ja łądowałam się pod jej biurko i kopiowałam rysunki na przeciwnej stronie. Zeszyty takie powstały trzy, poprzątkane zasuszonymi owadami, które z lubością znajdowałyśmy w ogrodzie i oglądałyśmy pod mikroskopem. Byłam też kilka razy gwiazdą w podstawówce, kiedy do szkoły przynosiłam odlewy czaszek mezozoicznych ssaków, przeźrocza ze starym jeszcze rzutnikiem, z którego puszczałam zdjęcia z mongolskich wypraw, które moja babcia organizowała w latach sześćdziesiątych. Wszystkie moje koleżanki szalenie bały się szkieletów i kości przechowywanych w tajnym pokoiku na piętrze u dziadków, gdzie z radością zabierałam je na pokazówkę.

Turystyka paleontologiczna

W 2002 roku, ja, moja babcia i mój dziadek, Zbigniew Jaworowski, wyruszyliśmy w nadzwyczajną podróż do Mongolii. Wyprawa była organizowana przez istniejące od 1990 roku amerykańsko-mongolskie stowarzyszenie „Nomadic Expeditions”. Towarzystwo organizuje wyprawy tematyczne do Mongolii i wówczas oferowało udział w szeregu wypraw pseudo-naukowych. Miałam jedenaście lat, kiedy moja babcia została zaproszona do udziału w jednej z nich, jako członek honorowy. Zabrała naszą dwójkę ze sobą. Przewodniczącymi wyprawy była Demchig Badamgarav i Philip Currie, przemili paleontolodzy, którzy znali moją babcię od wielu lat wspólnej pracy. Uczestniczyło w niej siedemnaścioro turystów-amatorów, jednak pośród nich było pięcioro profesjonalnych paleontologów, co dodawało naszej wyprawie odrobinę powagi. Mieliśmy mongolską przewodniczkę, rubasznego mongolskiego kucharza

z dwójką pomocników i ośmiu kierowców. Łącznie członków wyprawy było dwudziestu dziewięciu, liczba oscylująca koło liczby uczestników w dawnych wyprawach z prawdziwego zdarzenia, opisywanych przez babcię. Moja matka z duszą na ramieniu wysyłała mnie w pustynną dżecz, jako najmłodszego członka wycieczki.

Po trzech dniach zwiedzania wówczas jeszcze smutnego, zanurzonego w smogu Ułan Bator, wylecieliśmy starym, wojskowym helikopterem (o zgrozo) w stronę lotniska na zachód od Dalanzadgad, miasteczka leżącego niedaleko Bayanzag, skalistego regionu obfitującego w dinozaurze znaleziska. Czekał na nas korowód terenowych aut, który dowiózł nas do turystycznej

Bieg z przeszkodami

Nasza wielkoformatowa wyprawa na Gobi nie oddawała atmosfery, która wylania się ze zdjęć z wypraw prowadzonych przez babcię w spartańskich warunkach w sześćdziesiątych i siedemdziesiątych latach. Nasze namioty rozstawiali kierowcy, zanosili do nich nasze rzeczy. Dziadek, jako wytrawny alpinista i babcia, nasza szalona pustynna królowa, wbijali śladzie razem z mongolskimi pomocnikami; nie było przecież żadnych powodów dla których ktoś miałby nas wyręczać. Mieliśmy niekończące się zapasy zimnego picia, agregat zasilający lampy rozwieszane pod płóciennym dachem, pod którym jedliśmy wyśmienite kolacje przygotowywane przez naszego jowialnego kucharza. Luksus, na który mało kto sobie w życiu zasłużył bardziej, niż moja babcia, jednak uwierał. To po niej odziedziczyłam poczucie, że jeśli jest zbyt wygodnie, ogarnia mnie niepokój. Przecież zawsze musi być jakiś brudek, jakiś mankament, od którego można się odbić. O wiele milęj wspominam jajecznicę z kuchenki gazowej z obdrapanej patelni, którą pałaszowałyśmy na kajakowych spływach, niż czystą pościel z pustynnej dączy.

Te niedoskonałości, które składały się na jej wcześniejsze wyprawy dawały poczucie, że pokonało się ważne przeszkody i zahartowało charakter. Pokazywały, że inne rzeczy są ważniejsze. Babcia była fatalnym kucharzem, kupne naleśniki smażone na wodzie i deserek o słynnej w rodzinie nazwie „galaretką śmierdzącą trupem” były dla niej kulinarnymi wyżynami. Inne rzeczy były istotne w domu. Do osiemdziesiątki chodziłam z nią na basen, na którym pływała w pełnej piance windsurfingowej, a ja ze zgrozą modliłam się, żeby się nie utopiła. Nic sobie nie robiła z tego, że przecież to wstyd, tak na basen przyjść. Teraz widzę, jak bardzo nie ma to znaczenia. To imponujące, że można tak bardzo chcieć aktywnie żyć, nie poddawać się starzejącym się kościom, nawet jak główka już ledwo wynurza się znad wody.

A w życiu babci takie przeszkody były zawsze. Podczas okupacji walczyła jako sanitariuszka w powstaniu. W tym samym czasie jednak uczestniczyła w tajnych kompletach ucząc się pilnie biologii. Nigdy nie lubiła mówić o wojnie, uważając ją za stratę czasu, podczas którego mogłaby wchłonąć



Z babcią podczas *Nomadic Expedition* w 2002 roku

osady o pięknej nazwie *Three Camel Lodge*, założonej przez organizatorów tychże amerykańsko-mongolskich przygód. Na miejscu luksusowe, przepastne jurty, atrakcje w postaci mongolskich gimnastyczek unoszących ciężar całego ciała na własnych zębach, mongolskie koniki, pyszne jedzenie, wszystko to onieśmielające dla naszej trójki, przyzwyczajonej do survivalowych warunków wakacyjnych kultywowanych w rodzinie. Sama wycieczka do Bayanzag okazała się dla mojej babci rozczarowująca. Zresztą klimat całej wyprawy podszyty był dla niej melancholią. Co roku miejsca badań terenowych odwiedzają chmary turystów, zostawiając za sobą sterty plastiku i puszki po konserwach bez namysłu, bez poczucia świętości jednego z nielicznych skrawków Ziemi, gdzie wciąż można zaczerpnąć prawdziwie głęboki oddech.

jeszcze więcej książek. Toteż zawsze powtarzała, że w powstaniu karabin miała w lewej ręce, a podręcznik do zoologii w prawej. Od razu po wojnie poszła na studia. Na drugim roku w pamiętniku pisała górnolotnym językiem o tym, jak wyobraża sobie pracę naukowca: „zapał naturalny, spontaniczny, mam jedynie w jednym kierunku – w kierunku nauki, i tu się zaczyna moja frustracja. Nauka – której jeszcze nie robię, do której się dopiero przygotowuję, która jest tak oderwana od życia codziennego, wspaniale abstrakcyjna, którą uważam za najważniejszą... czy nie traktuję jej zbyt narkotycznie?” Ta „narkotyczna” determinacja towarzyszyła jej przez resztę życia zawodowego, pchała w stronę Francji, Norwegii, mongolskich stepów, na przekór systemowi, codzienności i przez ostatnie lata na przekór zdrowiu. Na pewno uprawianie nauki wymaga takiego poświęcenia, często kosztem prywatności i naleśników smażonych na masełku, ale tylko takie poświęcenie pozwoliło jej pod koniec życia powiedzieć „przeżyłam je na sto procent”.

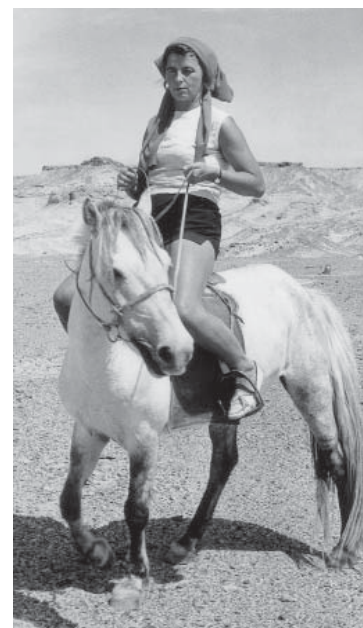
Zew wolności

Może warto podjąć się paru życiowych kompromisów, żeby poczuć wolność; taką, jaką dawały babci te mongolskie wyprawy. Przemierzając pustynię w 2002 roku, mieliśmy zwyczaj zatrzymywania się przy każdej napotkanej jurcie czy małej rodzinnej osadzie. Nie ma tego dużo, stąd tradycja wymieniania się grzecznościami, obdarowywania dzieci kredkami i zeszytami, książeczkami do nauki angielskiego. Zatrzymując się przy jednej z takich małych osadek, przed dom wyszła starsza pani, z twarzą pomarszczoną od słońca, ogorzałą od pustynnego wiatru. Prawdopodobnie była w wieku babci, choć moja babcia starzała się wspaniale i zmarszczek miała może zaledwie kilka. Widząc ją, zaczęła unosić się po mongolsku, łąza pociekła jej po policzku. Mongolska tłumaczka ledwo co nadążając za kobietą, też nagle zaczęła się ogromnie wzruszać. Starsza pani babcię pamiętała sprzed trzydziestu lat. To było absolutnie niezwykle. Dwie kobiety, każda ze skrajnie różną opowieścią, z różnych kontynentów, połączone wspólnym przeżyciem i umiłowaniem dla mongolskiej ziemi. Dla bycia świadkiem takich chwil nie do podrobienia warto żyć. Mimo talerzy satelitarnych i telewizorów wyskakujących

co i rusz przy każdej z mijanych jurt, symboli naszych do bólu nowoczesnych czasów, pewne rzeczy pozostają takie same.

Zdjęcia z tych dawnych wypraw babcinych, pełnych takich spotkań, mają w sobie nie tylko aurę starej, czarno-białej fotografii, ale udało im się też uchwycić wolność, prawdziwe szczęście płynące z zespolenia z przyrodą, z historią, z bezkresnym światem, który nie stawia granic ludziom i nie stawia granic nauce, choćby i nie było agregatu i zimnej coli. Te wyprawy były prawdziwie barwną przygodą, początkiem dla ogromnej wiedzy, ale i otwarciem dla wszystkich ludzi zafascynowanych dinozaurami świata nieskrępowanej wyobraźni.

Babcia zorganizowała pierwszą wyprawę dla Zakładu Paleozoologii PAN w 1963 roku, łącznie wypraw było osiem. Uczestniczyło w niej piętnaście osób z polskiej strony i kilka z mongolskiej, plus mongolscy pracownicy na miejscu – łącznie około trzydziestu osób. Ekipa gromadziła narzędzia, kleje, szczotki w instytucie w Warszawie. Dodatkowo ogromne ilości sprzętu campingowego, sześciokołowe ciężarówki pożyczone z państwowej fabryki ciężarówek w Starachowicach i mniejsze terenowe samochody, benzyna. Cały ten sprzęt podróżował z Warszawy do Ułan Bator koleją, członkowie wyprawy zaś samolotem. Zebranie potrzebnego zaplecza, ale i logistyka pracy terenowej na miejscu w latach sześćdziesiątych też



Ujeżdżanie mongolskiego konika w 1971 roku

Ekspedycja na Pustynię Gobi w 1970 roku





Z babcią
w 2013 roku

nie była łatwa. Jeden szkielet zauropoda waży około dwunastu ton. Przewiezienie go do Ułan Bator z miejsca wykopalisk, wymagało obrócenia ciężarówką co najmniej cztery razy. Każdego roku wyprawy z udziałem babci wykopywały kilka niemalże pełnych szkieletów dinozaurów. Nocy spędzonych w jurtach nikt nie oświetlał prądem z agregatu. Jedzenie, to raczej z menażki, niż z porcelanowego talerza. Niezłomność ludzi, którzy pracują w niesprzyjających warunkach na wielki, wspólny, ważny wysiłek jest niezwykła. Domyślam się, że zamknięcie idei wypraw po niespełna dziesięciu latach złamało babci serce, a powrót na pustynię w 2002 roku był nie tylko rodzinną przygodą, ale i ogromną tęsknotą.

Miliardy lat za nami, nieskończoność przed nami

Bo przecież to, co ludziom wspólne, i co jest nieodzowną pracą naukowca, to zew przygody i prawdziwa chęć odkrycia. Wasza praca jest dla większości z nas rzeźbieniem w hieroglifach, łacińskich nazwach, skomplikowanej terminologii i danych gromadzonych przez setki lat ludzkich wysiłków. Ale to, co można zobaczyć jedynie kiedy ma się babcię paleontologa to to, że za nauką, potrzebą dociekania prawdy za wszelką cenę, za wiedzą, która konstituuje nasz świat, stoi człowiek, który porywa się na daleki kon-

tynent, by przybliżyć nam chociaż trochę to, skąd jesteśmy. To dziedzina budowana na empatii wobec przyrody, na niepewności, na bezwzględnej ciekawości, i dlatego to świat pełen emocji, a w jego centrum nadal pozostajemy my. To świat na styku przemijania i rodzenia się czegoś nowego, potrzeby utrwalania i poznawania, to pielęgnowanie ciągłości.

Każdy o ciągłość, o utrwalanie tego, co ważne dba inaczej, a gdzieś jednak tak samo. W kartonach czaszek, artykułów, narzędzi i enigmatycznych książek znalazł się zeszyt ze zdjęciami, w którym babcia skrupulatnie dokumentowała budowę drewnianego domu 'typu brda', circa pięćdziesiąt kilometrów pod Warszawą, z widokiem na Wisłę i puszcę kampinoską. Domek stanął w 1975 roku na swoich drewnianych fundamentach, budowany pod nadzorem babci, jak zwykle z młotkiem i szczotką w dłoniach, dyrygującą orkiestrą sprawnych pracowników. W 1977 roku solidne trzy tygodnie babcia pracowała tam nad książką o ssakach mezozoicznych, zabrawszy ze sobą stosy książek i papierzysek. Później babci syn, a mój tata, zaręczył się tam z moją mamą. Teraz ja, po tym, jak dom przez dwadzieścia lat stał pusty i rozkradzony, znikając w gęszczu krzaków i drzew, chcę mu dać nowe życie. W czterdzieste urodziny, azbest zastąpił nowy dach, a na nowym dachu wyrósł nowy komin. I tym sposobem, coś nowego powstaje na starym, coś umiera i odżywa na nowo, a z pokolenia na pokolenie, tak jak ja po babci, tak i my ludzie, dziedziczymy ogromną schedę i odpowiedzialność za to, co z nami dalej będzie. Świadomość tego, skąd się wzięliśmy i co się z nami dzieje jest nieodzownym oprzyrządowaniem, aby ten bagaż unieść.

Ze mną po babci nie zostały publikacje, rozległe traktaty o mezozoicznych ssakach, zbadane ząbki pradawnych gryzoni. Ale to, czym mogę się podzielić, a co babcia Zosia mi ofiarowała, to umiłowanie do uczciwej, ciężkiej pracy i pokora wobec świata, w którym jesteśmy malutkim ogniwem, a która pozwala nam zrozumieć nasze skromne miejsce w kosmicznym porządku. W paru nieco częstochowskich rymach udało jej się to uchwycić we fragmencie tego małego wierszyka, pisanego w naszym konstancińskim domu: „Za nami miliardy lat / nieskończoność przed nami. / Patrz, znów zakwita kwiat. / Wiem: nie jesteśmy sami.”

Przemiany kredowych faun dinozaurów Pustyni Gobi

Łukasz CZEPIŃSKI

Prowadzone w latach 1963–1971 Polsko-Mongolskie ekspedycje paleontologiczne na Pustyni Gobi kontynuowały poszukiwania kręgowców kopalnych rozpoczęte przez wcześniejsze ekspedycje Amerykańskiego Muzeum Historii Naturalnej (1922–1930) oraz Radziecko-Mongolskie (1946–1949). Zespół kierowany przez prof. Zofię Kielan-Jaworowską odkrył nowe, bogate w skamieniałości stanowiska i zebrał liczny materiał. Zdeponowany w Warszawie, po dzień dzisiejszy jest podstawą kolejnych opracowań naukowych. Od lat 90. XX w. na Pustyni Gobi regularne prace wykopaliskowe prowadzone są przez zespół naukowców z m.in. Mongolii, USA, Japonii i Korei Południowej, wciąż odkrywając nowe lokalizacje szczątków dające świadectwo różnorodnych zespołów faunistycznych bytujących tam miliony lat temu.

Pustynia Gobi przed kredą

Zapis kopalny kręgowców z Pustyni Gobi rozpoczyna się we wczesnej kredzie i obejmuje czas niemal do końca mezozoiku, urywając się tuż przed końcem mastrychtu. Mimo że znane są odsłonięcia skał datowanych na trias i jurę, to odnajdywane w nich były głównie stawonogi i skamieniałości roślinne oraz rzadkie tropy dinozaurów (datowane na jurę). Z tego powodu niżej przedstawiona historia faun dinozaurów ogranicza się do dobrze poznanych zespołów z wczesnej i późnej kredy.

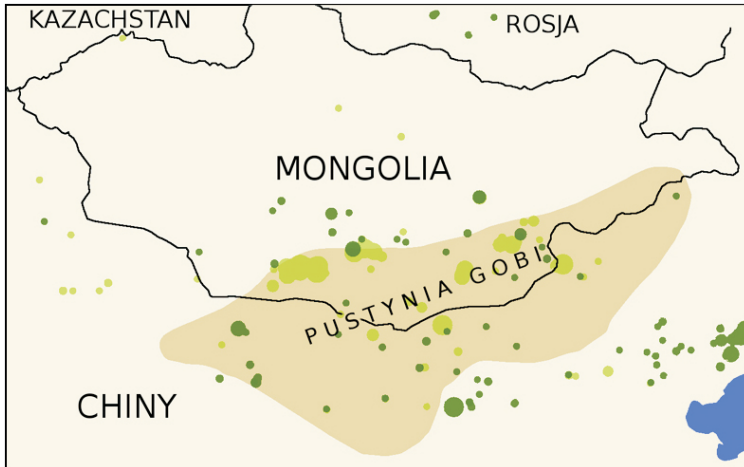
Wczesna kreda

Najstarsze kredowe skamieniałości dinozaurów z Pustyni Gobi pochodzą z datowanej na środkowy barrem lub apt (~125–115 mln lat – Ma) **formacji Tsagaantsav**. Są to szczątki prymitywnego ceratopsa *Psittacosaurus mongoliensis*. Skamieniałości gatunków

tego rodzaju są tak liczne, że wyróżniana jest biostratygraficzna zona *Psittacosaurus*, obejmująca późną wczesną kredę (od środkowego barremu po późny alb). Różne gatunki psittakozaurów występowały powszechnie na terenie całej Azji (m.in. terytorium dzisiejszej Mongolii, Chin i Rosji), by wraz z końcem wczesnej kredy ustąpić miejsca bardziej zaawansowanym dinozaurom rogowym.

Drugi gatunek *Psittacosaurus* z Pustyni Gobi, *P. gobiensis*, znaleziony został w nieco późniejszych osadach chińskiej (Mongolia Wewnętrzna) formacji **Bayan Gobi**, datowanej na przełom aptu i albu (~120–110 Ma). Odkryto tam też dziwnego wczesnego terizinozaura *Alxasaurus elesitaiensis*, zapewne roślinożernego teropoda wywodzącego się od mięsożernych przodków, o długiej szyi. Miał wydłużone szpony, które zwiększały swoje rozmiary w trakcie ewolucji. Znany z tej samej jednostki geologicznej *Penelopognathus weishampeli* był przedstawicielem linii rodowej prowadzącej do dinozaurów kaczodziobych, licznie występujących w najpóźniejszej kredzie Gobi. Osady Bayan Gobi przechowały również świadectwa obecności niewielkiego dinozaura drapieżnego, należącego do dromeozaurydów, których mnogie szczątki i duże zróżnicowanie charakteryzują późnokredowe formacje Pustyni Gobi.

Mongolski *Psittacosaurus mongoliensis* występuje również w formacjach **Hüheteeg**, czasowo obejmującej zapewne alb (~115–100 Ma) i **Hürendukh** (środkowy–późny alb; ~110–100 Ma). W pierwszej z nich współwystępował z innym roślinożercą, względnie prymitywnym dinozaurem opancerzonym, nazwanym *Shamosaurus scutatus*. W Hürendukh zróżnicowanie faunistyczne było większe. Znany jest stamtąd bliski krewniak dinozaurów kaczodziobych *Altirhinus kurzanovi* o ogromnych nozdrzach zewnętrznych oraz wczesny przedstawiciel ornitomimozaurów *Harpymimus*



Mapa centralnej Azji z zaznaczonymi stanowiskami szczątków dinosaurów wczesnej (ciemnozielone) i późnej (jasnozielone) kredy

okladnikovi – szybko biegających, podobnych do strusia dinosaurów drapieżnych charakterystycznych dla późnej kredy. *Harpymimus* miał jeszcze zęby w zuchwie – był formą przejściową między prymitywnym uzębionym *Pelecanimimus* z Europy a późniejszymi bezzębnymi formami z Azji i obu Ameryk.

Wraz z końcem wczesnej kredy zmienił się klimat Gobi, która do tej pory była pokryta rozległymi jeziorzyskami. Od późnej kredy klimat w tym regionie stawał się suchy, a basen Gobi zaczęła zajmować pustynia. Przemiany klimatyczne wpłynęły na skład zespołów faunistycznych dinosaurów. Na granicy albu z cenomanem z zapisu kopalnego bezpotomnie zniknęły psittakozaurowy, do tej pory dominujące w warstwach kościonośnych Azji. Zwierzęta te były relikdami wczesnego różnicowania dinosaurów rogatych. Ich miejsce w Gobi zajęły inne, nowoczesne ceratopsy, zwane **neoceratopsami**, do których należą obficie występujące w skałach późnej kredy protoceratopsy. Wczesne neoceratopsy (*Liaoceratops*, *Archaeoceratops*, *Auroraceratops*) znane są z wczesnokredowych utworów geologicznych Chin. Zapewne niedługo wcześniej oddzieliły się od linii psittakozaurów. Największe różnicowanie neoceratopsów znane jest z najpóźniejszej kredy Ameryki Północnej, gdzie duże dinozaury rogatę stanowiły dominującą megafaunę. Niezaawansowane dinozaury pancerne, takie jak *Shamosaurus*, zostały wyparte przez dinozaury z rodziny Ankylosaurinae. Wczesne ornitomimozaury kontynuowały swoje różnicowanie, dając w późnej kredzie mnogość form, które w osadach Pustyni Gobi są wyjątkowo różnicowane.

Wczesna późna kreda

Skały **formacji Bayan Shiree** datowane są na pierwszą połowę późnej kredy. O ile nie jest pewna dolna granica jej zasięgu stratygraficznego, o tyle na podstawie danych paleomagnetycznych uznaje się, że osady tej formacji nie są młodsze niż późny santon (~84 Ma). Skały tej jednostki dostarczyły szeregu znalezisk kości dinosaurów, ze zdecydowaną przewagą ilościową i gatunkową form roślinożernych.

Najbardziej zróżnicowaną grupą dinosaurów z formacji Bayan Shiree były roślinożerne, masywnie zbudowane Therizinosauria. W Bayan Shiree znane są aż trzy współwystępujące formy – *Erlikosaurus andrewsi*, *Enigmosaurus mongoliensis* i *Segnosaurus galbinensis*. Wszystkie osiągały podobne rozmiary (4–6 metrów długości). W większości formacji, które gdzie indziej zawierają szczątki terizinozaurów, wyróżnia się jedynie pojedyncze ich gatunki.

W Bayan Shiree odnaleziono również niewielką, niekompletną czaszkę dinozaura grubogłowego, nazwanego *Amtocephale gobiensis*, który obecnie jest najstarszym przedstawicielem pachycefalozaurów. Zwierzęta te pochodzą od wspólnego przodka z dinozaurami rogatymi (tworząc grupę zwaną **marginocfalami**). Ponieważ najwcześniejsze ceratopsy znane są z późnej jury (oksford, ~160 Ma) Chin (*Yinlong*), oznacza to, że linie rodowe tych dwóch grup musiały rozgałęzić się najpóźniej w keloju lub oksfordzie. Oznacza to również, że mamy do czynienia z dużą luką w zapisie kopalnym Pachycephalosauria, wynoszącą ponad 80 milionów lat. Nawet w późnej kredzie, skąd znane są dosyć zróżnicowane formy azjatyckie i północnoamerykańskie, pachycefalozaury stanowiły rzadkość w swoich ekosystemach i wszystko wskazuje na to, że nie były pospolite również u zarania swojej radiacji.

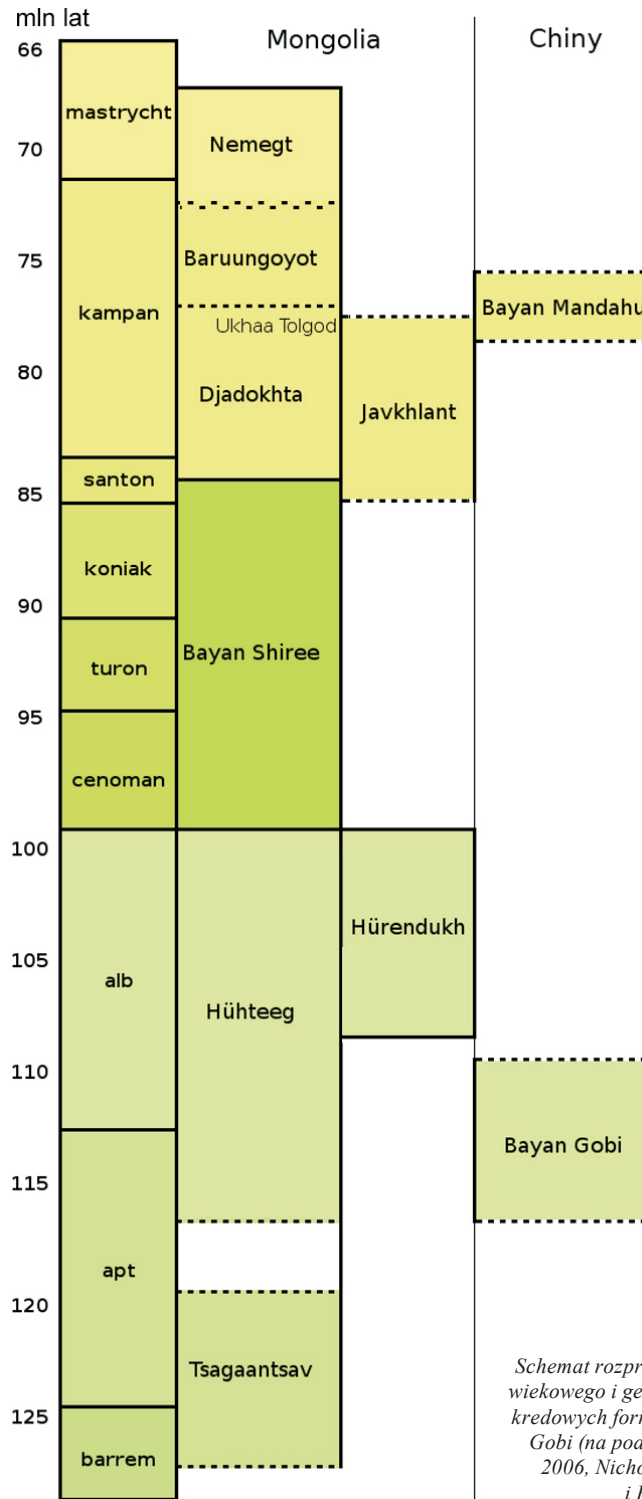
W tych samych warstwach natrafiano na fragmentaryczne szczątki wczesnych dinosaurów rogatych, którym nadano nazwę *Microceratus gobiensis*. Opisany przez polskich badaczy, enigmatyczny *Graciliceratops mongoliensis* jest przykładem złożonej, mozaikowej ewolucji ceratopsów, wykazując pewne prymitywne i zaawansowane cechy anatomiczne i jest uznawany za blisko spokrewnionego z późniejszymi azjatyckimi protoceratopsami.

Różnorodne były również dinozaury pancerne, należące do zaawansowanych ankylozaurów – znane są dwa ich gatunki: *Talarurus plicatospineus* i *Tsagantegia longricanialis*. Mogły osiągać one do 6 metrów długości i razem z terizinozaurami były największymi roślinożercami w Bayan Shiree. Fragmentaryczne szczątki niezidentyfikowanych hadrozauroidów stanowią w tej formacji rzadkość i świadczą o tym, że przodkowie dinozaurów kaczodziobych nie byli tu zbyt powszechni.

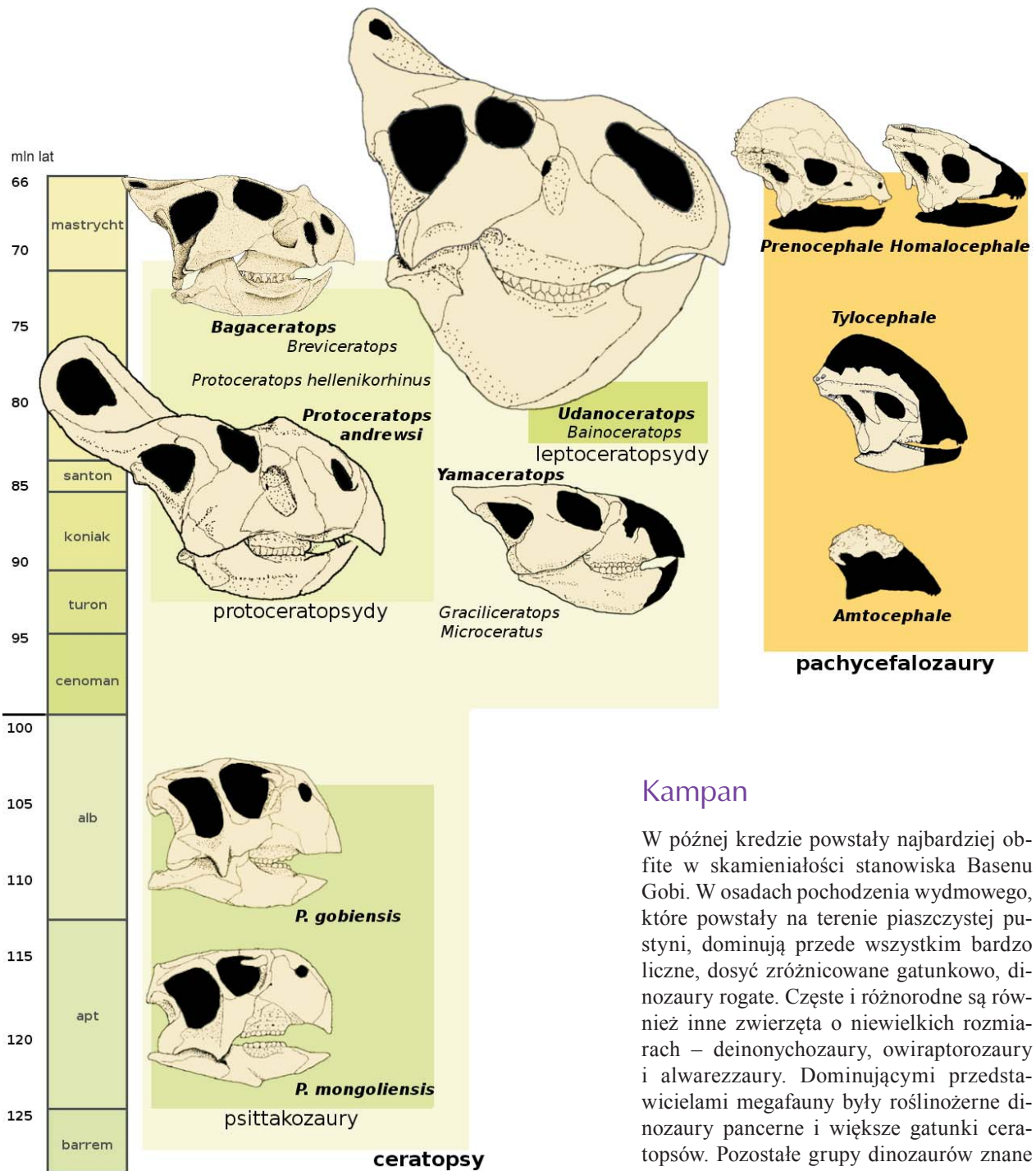
Poza zróżnicowanymi terizinozaurami innym przedstawicielem teropodów był ornitomimozaur *Garudimimus brevipes* z bezzębnym dziobem. Jego względnie krótkie kończyny tylne i masywnie zbudowane stopy sugerują, że muskulatura nóg nie była rozwinięta tak dobrze, jak u jego późniejszych kuzynów, lepiej przystosowanych do szybkiego biegu. Miał jeszcze palec I u stopy, który uległ zatraceniu w dalszej ewolucji tej grupy.

Jedynym drapieżnikiem znanym z Bayan Shiree był duży *Achillobator giganticus*. Osiągał 5–6 metrów długości i był jednym z największych przedstawicieli dromeozaurów – znacznie masywniejszym od późniejszych form, takich jak *Velociraptor* z formacji Djadokhta.

Zagadkowa **formacja Javkhlant** zawiera szczątki reliktovej fauny dinozaurów, przypominających formy z wczesnej kredy Chin. W wielu profilach geologicznych skały Javkhlant leżą rozlegle bezpośrednio nad osadami Bayan Shiree. Zostały zatem zdeponowane później i uznaje się, że powstały w późnej kredzie, prawdopodobnie w podobnym czasie co osady formacji Djadokhta. Powszechnie znajdowany jest w nich względnie prymitywny dinozaur rogaty *Yamaceratops dorngobiensis*. Był reliktowym, prymitywnym neoceratopsem bliżej spokrewnionym z wczesnokredowymi chińskimi formami (*Liaoceratops*, *Archaeoceratops*, *Auroraceratops*) niż z protoceratopsami dominującymi w skałach formacji Djadokhta (być może równowiekowych). Jego krótka, zapewne masywnie zbudowana kryza służyła za miejsce przyczepu silnych mięśni przywodziciela żuchwy. U późniejszych form (np. *Protoceratops* i zaawansowanych dinozaurów rogatych Ameryki Północnej) kryzy wydłużały się, prawdopodobnie przyjmując dodatkowo nową funkcję pokazową.



Zaskakująco prymitywny jest również bazalny ornitopod *Haya griva* znajdujący w formacji Javkhlant. Był blisko spokrewniony z wczesnokredowymi prymitywnymi ornitopodami z Chin (*Jeholosaurus*, *Changchunsaurus*) choć żył w tym samym czasie co bardziej zaawansowane hadrozauroidy. Znany tylko z kości kończyn tylnych



Marginocephale,
czyli dinozaury
rogate i grubogłowe
z Pustyni Gobi

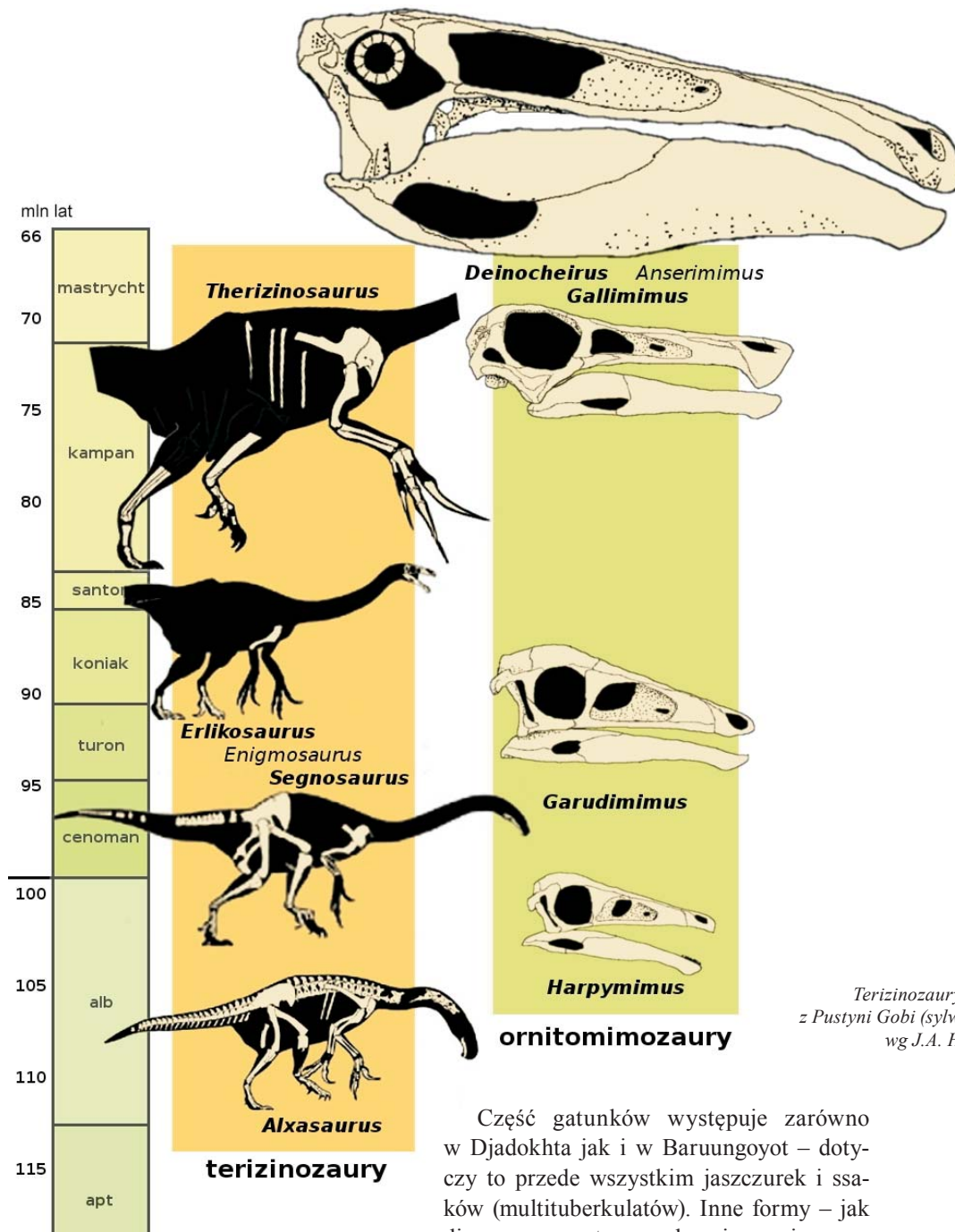
niewielki teropod z grupy alwarezzaurów, *Albinykus baatar*, był raczej zaawansowany ewolucyjnie i blisko spokrewniony z *Shuvuuia* z formacji Djadokhta.

Niewykluczone, że reliktowy charakter fauny formacji Javkhlant jest wynikiem dużej liczby luk sedymentacyjnych we wczesnej kredzie Azji, a ówczesne zróżnicowanie prymitywnych ceratopsów i ornitopodów było znacznie większe, niż sądzono do tej pory.

Kampan

W późnej kredzie powstały najbardziej obfite w skamieniałości stanowiska Basenu Gobi. W osadach pochodzenia wdmowego, które powstały na terenie piaszczystej pustyni, dominują przede wszystkim bardzo liczne, dosyć zróżnicowane gatunkowo, dinozaury rogate. Częste i różnorodne są również inne zwierzęta o niewielkich rozmiarach – deinonychozaury, owiraptorozaurowie i alwarezzaury. Dominującymi przedstawicielami megafauny były roślinożerne dinozaury pancerne i większe gatunki ceratopsów. Pozostałe grupy dinozaurów znane są tylko z pojedynczych, nieraz bardzo fragmentarycznych znalezisk.

Na terenie Gobi wyróżniane są trzy formacje geologiczne, datowane na kampan – Djadokhta, Bayan Mandahu i Baruungoyot. Najprawdopodobniej kampanu sięgała wiekiem wspomniana wcześniej formacja Javkhlant oraz najniższe warstwy formacji Nemegt. Wzajemne relacje czasowe tych trzech jednostek geologicznych nie są pewne, ponieważ nie są znane profile geologiczne, które przedstawiałyby ciąg

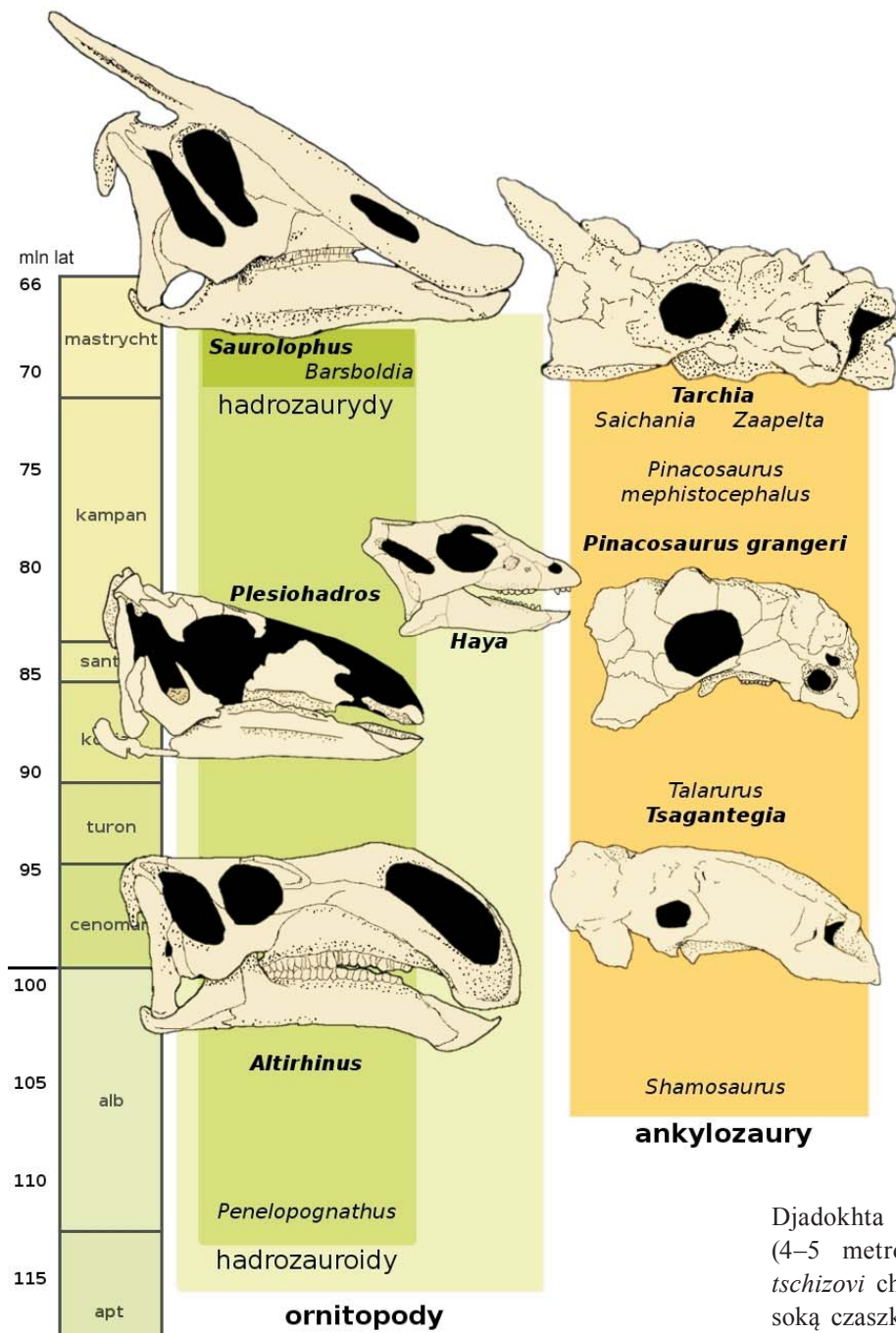


Terizinozaury i ornitomimozaury z Pustyni Gobi (sylwetki terizinozaurów wg J.A. Headden CC-BY-3.0)

głość sedymentacyjną między nimi. Pewne jest tylko, że warstwy Nemegt leżą bezpośrednio nad warstwami Baruungoyot, stąd wiadomo, że ta druga formacja obejmuje najpóźniejszy kampan. Ponieważ brak tu jest przewarstwień osadów morskich (jak i w pozostałych formacjach Gobi), biostratygrafia musi opierać się na analizie pyłków i faun kręgowców. Obserwując przemiany faunistyczne w obrębie tych trzech formacji można jednak próbować ułożyć scenariusz przemian ewolucyjnych niektórych grup.

Część gatunków występuje zarówno w Djadokhta jak i w Baruungoyot – dotyczy to przede wszystkim jaszczurek i ssaków (multituberkulatów). Inne formy – jak dinozaury rogate – wykazują pewien gradient. Podczas gdy w formacji Djadokhta dominuje *Protoceratops*, który w Bayan Mandahu współwystępuje z *Bagaceratops*, to nie ma go w zdominowanym przez *Bagaceratops* Baruungoyot. Podobnie, blisko spokrewnione gatunki dinozaurów pancernych znane są i z Djadokhta i z Bayan Mandahu. Skład gatunkowy częstych owiraptorozaurów jest jednak specyficzny dla każdej z tych lokacji.

Niewykluczone, że osady wszystkich trzech formacji odkładały się w zbliżonym



Ornitopody i ankylozaury z Pustyni Gobi

czasie i obserwowana różnorodność faun, czy gradient przemian niektórych jej składników, są wynikiem odmiennego środowiska w równoległych stanowiskach.

Formacja Djadokhta była jedną z pierwszych formacji skalnych Pustyni Gobi, w której odkryto skamieniałości. W osadach tej jednostki znajdują się struktury świadczące o następujących po sobie okresach obfitych opadów deszczu i ekstremalnej suszy. W takich warunkach dominowały licznie średniej wielkości di-

nozaury rogate *Protoceratops andrewsi*. W Bayan Zag i innych lokacjach Djadokhta odnaleziono szczątki kilkuset osobników, nieraz kompletnych szkieletów, co umożliwiło badania zmienności wewnątrzgatunkowej i ontogenetycznej na skalę niedostępną w odniesieniu do innych dinozaurów. Dinozaury te osiągały 2 metry długości, posiadały dosyć długą kryzę z tyłu czaszki, pełniącą prawdopodobnie funkcję pokazową. Parzyste kości nosowe tych zwierząt tworzyły podstawę niewielkiego rogu nad nozdrzami, zaś z przodu szczęki górnej, tuż za dziobem, znajdowały się po dwa zęby w kształcie kłów. Zęby te, znajdujące się na kości przedszczękowej, są prymitywne dla ceratopsów i wielokrotnie zanikały w trakcie ich ewolucji. Późniejsze formy z Pustyni Gobi, takie jak *Protoceratops hellenikorhinus* z Bayan Mandahu, czy *Bagaceratops rozhdestvenskyi* z Baruungoyot, większość leptoceratopsydów oraz wszystkie dinozaury rogate z późnej kredy Ameryki Północnej nie miały takiego dodatkowego uzębienia.

Ze stanowiska formacji Djadokhta w Üden Sair znany jest duży (4–5 metrów długości) *Udanoceratops tschizovi* charakteryzujący się bardzo wysoką czaszką o dużej żuchwie. Był przedstawicielem prymitywnych dinozaurów rogatych zwanych leptoceratopsydami, które występowały głównie na terenie Ameryki Północnej. Możliwe, że jego krewniakiem był *Bainoceratops efremovi*, znany tylko ze szkieletu pozaczaszkowego z Bayan Zag.

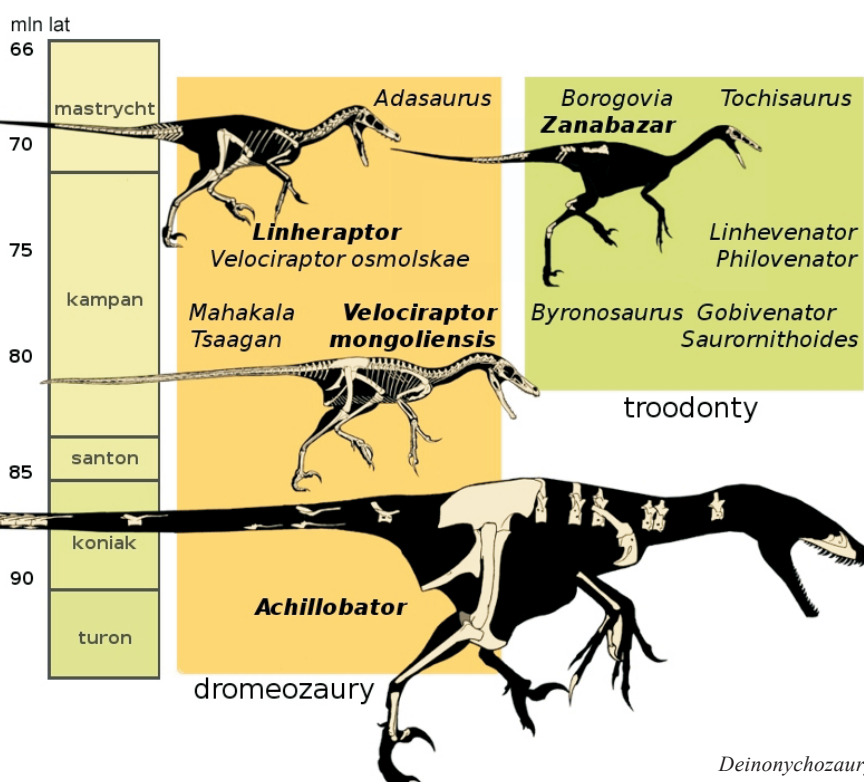
Powszechnie występującym w większości stanowisk formacji Djadokhta jest średniej wielkości (~5 metrów długości) dinozaur pancerny *Pinacosaurus grangeri*. Największym tutejszym roślinożercą był jednak przodek dinozaurów kaczodziobych, *Plesiohadros djadokhtaensis*,

który mógł osiągać około 10 metrów długości.

Innymi, licznymi znaleziskami z formacji Djadokhta są niewielkie teropody – owiraptorozauury i deinonychozauury. Opisano aż sześć gatunków deinonychozaurów, z czego połowa pochodzi ze stanowiska w Ukhaa Tolgod. Te małe, zwinne drapieżniki dzieli się na dwie grupy: dromeozauury oraz lżej zbudowanych troodontydów. Jako pierwszy „raptor”, został poznany *Velociraptor mongoliensis*, inne dromeozauury to niewielka *Mahakala omnogovae* i średniej wielkości *Tsaagan mangas*. Troodontydy to *Saurornithoides mongoliensis*, *Byronosaurus jaffei* i znany z niemal kompletnego szkieletu *Gobivenator mongoliensis*.

Z formacji Djadokhta znane są też trzy gatunki owiraptorozaurów z grzebieniami na czaszce. Należą do nich pierwszy historycznie opisany przedstawiciel tej grupy, *Oviraptor philoceratops*, nazwana na cześć prof. Halszki Osmólskiej *Citipati osmolskae* oraz *Khaan mckennai*. Nazwa tej grupy dinozaurów, oznaczająca „rabusie jaj” wzięła się z błędnego założenia, że ich szkielety znalezione przy podłużnych jajach były świadectwem żerowania tych zwierząt na gnieździe protoceratopsa. Dopiero później udało się zbadać znajdujące się w jajach embryony i ustalić, że należą one właśnie do owiraptorów. Niedoszli złodzieje jaj okazali się troskliwymi rodzicami. Późniejsze odkrycia osobników wysiadujących gniazda wykazały duże podobieństwo do postury i behawioru dzisiejszych ptaków.

W formacji Djadokhta zróżnicowane były alwarezzaury, których wyróżnia się dwa gatunki: *Shuvuuia deserti* i dwukrotnie większy *Kol ghuya*. Niewykluczone, że różnica w rozmiarach ciała wynikała z dzielenia niszy ekologicznej, jakkolwiek *Shuvuuia* jest znana z kilkunastu okazów, zaś jedynym materiałem *Kol* jest fragment kończyny tylnej. Alwarezzaury miały charakterystyczną, budowę czaszki podobną do ptasiej – z połączeniem stawowym między szczęką górną a mózgową. W trakcie ewolucji tej grupy dochodziło do skraj-



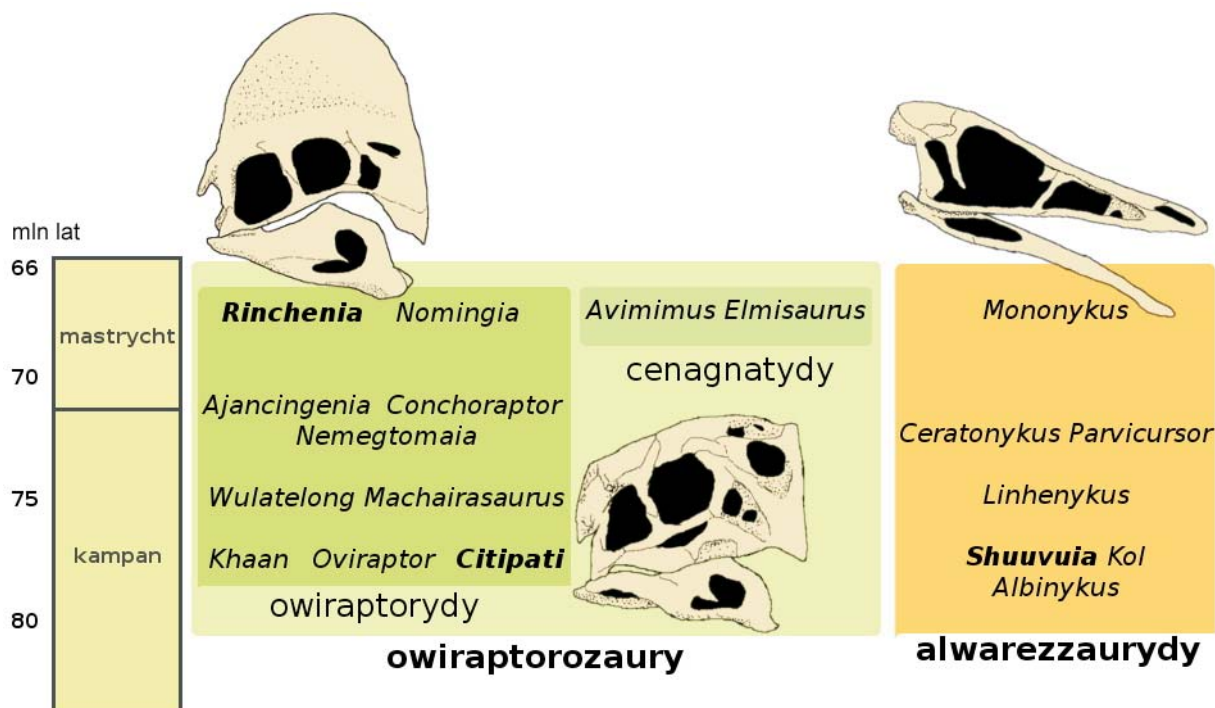
Deinonychozauury z Pustyni Gobi (sylwetki wg J.A. Headden CC-BY-3.0)

nej redukcji palców dłoni – *Shuvuuia* miała jeszcze szczątkowe palce II i III, jednak późniejsi przedstawiciele alwarezzaurów zachowali tylko masywnie zbudowany palec I.

Jedynym świadectwem obecności dużych dinozaurów drapieżnych w formacji Djadokhta są fragmentaryczne szczątki tyranozaurów.

Większość wymienionych wyżej form pochodzi z dwóch lokalizacji – Bayan Zag i Ukhaa Tolgod. Ta druga została odkryta w latach 90. XX w. i jest obecnie najbogatszym stanowiskiem kościonośnym z Pustyni Gobi. Mimo generalnego podobieństwa, znajdowane tutaj formy różnią się od typowej fauny Djadokhta z Bayan Zag, m.in. w Ukhaa Tolgod najczęstszy jest odmienny, nienazwany jeszcze rodzaj protoceratopsyda, nie pokrywa się również skład gatunkowy owiraptorozaurów i alwarezzaurów. Sugeruje się więc, że osady te mogą być innego wieku (prawdopodobnie młodsze, bliższe Baruungoyot) niż te w typowo dżachtochtańskich stanowiskach.

Uznawana niegdyś za ekwiwalent Djadokhta, formacja Bayan Mandahu (Wulansuhai) z chińskiego terytorium Mongolii Wewnętrznej wykazuje podobieństwa faunistyczne zarówno do formacji Djadokhta jak i do Baruungoyot. I tutaj do-



Owiraptorozaurow i alwarezzaury z Pustyni Gobi

minują licznie dinozaury rogate, zwłaszcza większy gatunek *Protoceratops hellenikorhinus* o zaawansowanej budowie podstawy guza na parzystych kościach nosowych. Występują również rzadsze szczątki typowych dla Baruungoyot *Bagaceratops* (największy okaz z Bayan Mandahu zyskał własną nazwę – *Magnirostris dodsoni*, najprawdopodobniej jest to jednak zaawansowany ontogenetycznie osobnik bagaceratopsa), oraz *Breviceratops*. Szczątkowe znaleziska sugerują, że obecny tutaj był także *Udanoceratops*.

Wśród dinozaurów pancernych formacji Bayan Mandahu znany jest większy od dżadochtańskiego pinakozaury gatunek *Pinacosaurus mephistocephalus*.

Faunę roślinożerców dopełniają fragmentaryczne znaleziska dinozaurów kaczodziobych i zauropodów.

Podobnie jak w innych formacjach późnej kredy Pustyni Gobi, przejawia się tu znacząca różnorodność niewielkich drapieżników – deinonychozaurów z grupy dromeozaurów (*Linheraptor exquisitus*, *Velociraptor osmolskai*) oraz troodontów (*Linhevenator tani*, *Philovenator curriei*), owiraptorozaurów (*Wulatelong gobiensis*, *Machairasaurus leptonychus*) i alwarezzaurów (mający tylko jeden palec *Linhenykus monodactylus*). Świadectwem obecności dużego mięsożercy są pojedyncze zęby tyranozaura.

Formacja Baruungoyot, która w najwyższej części przewarstwia się z formacją Nemegt, uznawana jest za najmłodszą z formacji geologicznych Pustyni Gobi, w której dominującym komponentem są ceratopsy. Polsko-mongolskie ekspedycje paleontologiczne były jednymi z pierwszych, które prowadziły wykopaliska w dwóch najważniejszych stanowiskach tej jednostki geologicznej, w Hermin Tsav i Khulsan. Halszka Osmólska, Ewa Roniewicz i Teresa Maryańska opisały łącznie sześć z trzynastu znanych z tej formacji gatunków dinozaurów.

W osadach formacji Baruungoyot poza warstwami pochodzenia wydmowego, świadczącymi o pustynnej genezie, częste są przewarstwienia pochodzenia rzeczno-jeziornego.

Najliczniejszymi znaleziskami z Baruungoyot są czaszki *Bagaceratops rozhdestvenskyi*, formy bardziej zaawansowanej niż *Protoceratops*, ze zlanyymi kośćmi nosowymi tworzącymi trapezowaty guz nosowy (za życia zwierzęcia prawdopodobnie pokryty rogową strukturą) oraz enigmatyczny *Breviceratops kozłowskii*. Ten ostatni, znany wyłącznie ze szczątków młodocianych osobników, wykazuje cechy pośrednie między prymitywniejszymi a bardziej zaawansowanymi protoceratopsydami.

Gatunkowo liczne są tutaj również dinozaury pancerne. Wyróżnia się trzy formy: *Saichania chulsanensis*, *Tarchia kielanae*

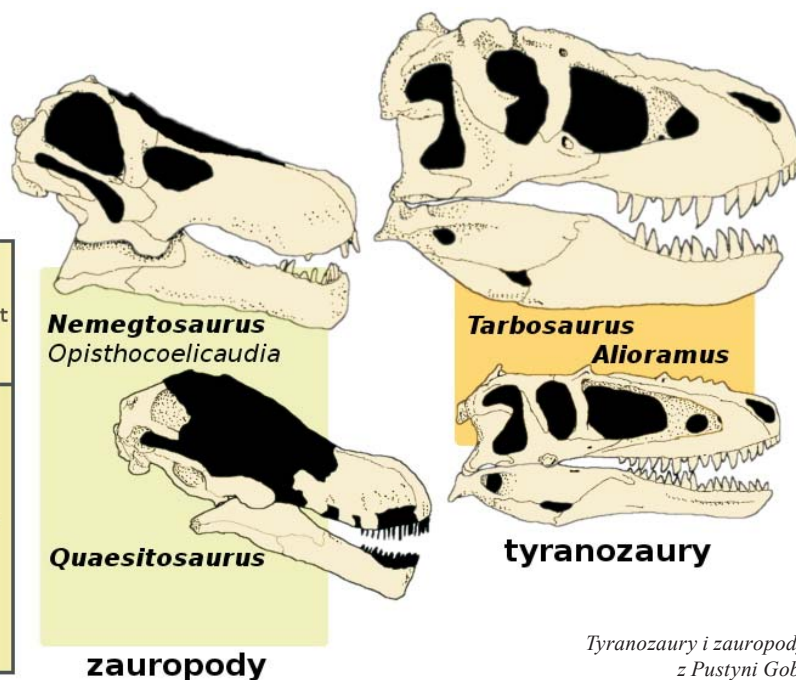
oraz *Zaraapelta nomadis*. Jest to najbardziej zróżnicowany gatunkowo zespół ankylozaurów pochodzących z jednej formacji skalnej na świecie. Budowa szczęk i dziobów żyjących wspólnie form nie sugeruje dzielenia nisz ekologicznych między nimi. Tak wysokie zróżnicowanie dinosaurów pancernych w jednej formacji może wynikać z rzadkiego występowania innych dużych roślinożerców, jak zauropody czy dinosaurów kaczodziobe. Ankylozaury były dominującą megafauną w Baruungoyot, a wśród jaroszy ustępowały powszechnością tylko mniejszym dinosaurom roгатym.

Innymi niewielkimi roślinożercami był rzadki, znany tylko z pojedynczej czaszki pachycefalozaur z gatunku *Tylocephale gilmorei*, osiągający 1,5 m długości.

Największym roślinożercą był jednak znany wyłącznie z niekompletnej czaszki zauropod *Quaesitosaurus orientalis*, należący do tytanozaurów, które są największymi przedstawicielami megafauny również w późniejszej formacji Nemegt.

Wśród niewielkich drapieżników formacji Baruungoyot przeważały owiraptorozauury, wśród których wyróżnia się *Nemegtomaia barsboldi* oraz dwie formy pozbawione grzebieni na czaszce – *Ajancingenia yanshini* i *Conchoraptor gracilis*. Wszystkie trzy gatunki znane są również z dolnych warstw formacji Nemegt, która w niektórych miejscach przewarstwia się z formacją Baruungoyot, sugerując, że obie jednostki geologiczne częściowo zachodzą na siebie czasowo. Pozostałymi niewielkimi teropodami są alwarezzaury (*Ceratomykus occultatus* i *Parvicursor remotus*) oraz enigmatyczny, znany tylko z fragmentarycznej kończyny tylnej maniraptor *Hulsanpes perlei*.

Wraz z końcem kampanu doszło do kolejnych przemian środowiskowych, z klimatu suchego na bardziej wilgotny. Być może było to przyczyną, dla której z Pustyni Gobi zniknęły dinozaury rogate, które dominowały liczebnie w każdej z dawniejszych kredowych formacji. Niewykluczone, że wy-



Tyranozauury i zauropody z Pustyni Gobi

parte zostały przez dinozaury kaczodziobe, wyposażone w lepszy aparat rozdrabniania pokarmu roślinnego. Niemal w tym samym czasie, gdy zapis azjatyckich ceratopsów urywa się, „właściwe” dinozaury rogate są u szczytu zróżnicowania w Ameryce Północnej (ponad 25 gatunków) i stanowią główny składnik tamtejszych faun.

Mastrycht

Zapis najpóźniejszej kredy Pustyni Gobi jest w Kotlinie Nemegt w osadach **formacji Nemegt**, datowanej na wczesny mastrycht. (~69 Ma). Skąty tej formacji są świadectwem występującego tu wilgotnego środowiska, z rozlewiskami rzecznyymi i bogatą w gatunki florą leśną. W najniższych warstwach formacja ta zazębia się z kampańską formacją Baruungoyot, dzieląc z nią niektóre gatunki dinosaurów pancernych (*Tarchia kielanae*) i owiraptorozaurów (*Nemegtomaia*, *Ajancingenia*, *Conchoraptor*).

W wyższych warstwach Nemegt najpopularniejszymi skamieniałościami są dinozaury kaczodziobe, wcześniej niemal nieobecne w kredowych utworach Gobi. Najczęściej odkrywany jest *Saurolophus angustirostris*, bardzo duży (do 12 metrów długości) hadrozauryd, którego drugi gatunek, *S. osborni* jest równie powszechny w mastrychcie Kanady. Azjatycka i pół-

nocnoamerykańska forma różniły się nieco budową grzebienia z tyłu czaszki oraz fakturą i układem łusek pokrywającej ich ciała. Rzadszym dinozaurem kaczodziobym z formacji Nemegt jest *Barsboldia scinskii*, znana obecnie tylko ze szkieletu pozaczaszkowego, o wysokich wyrostkach kolczy- stych kręgow tułowiowych.

Większa niż wcześniej była różnorod- ność pachycefalozaurów, choć pozosta- wały wciąż rzadkie. Przypisane zostały do dwóch gatunków: *Prenocephale prenes* i płaskogłowego *Homalocephale calatho- ceros*. Osiągały 2,0–2,5 metra długości i były dwukrotnie mniejsze od północnoame- rykańskiego *Pachycephalosaurus*.

W formacji Nemegt występują szczątki dużych zauropodów. Tylko z czaszki znany jest *Nemegtosaurus mongoliensis*, a na pod- stawie szkieletu pozaczaszkowego opisana została *Opisthocoelicaudia skarzynskii*. Oba zostały nazwane przez polskich badaczy. Mimo że znalezione w różnych stanowis- kach, nie można wykluczyć, że to tak na- prawdę jeden gatunek.

Wielcy gobijscy roślinożercy padali łup- pem dużych drapieżników. Powszechne są w formacji Nemegt znaleziska tyranozaurów, głównie *Tarbosaurus bataar* – dwunasto- metrowego krewniaka północnoamerykań- skiego *Tyrannosaurus rex*, czy mniejszego *Alioramus altai* o długim pysku. Tajemniczy niekompletny szkielet *Bagaraatan ostromi* należał do czterometrowego teropoda.

Bardzo zróżnicowane były owiraptor- zaury, których w Nemegt znanych jest aż siedem gatunków. Poza wspólnymi z for- macją Baruungoyot, występowały tu dosyć prymitywne formy łączone z północnoame- rykańskimi cenagnatydami – *Avimimus por- tentosus* i *Elmisaurus rarus* oraz bardziej zaawansowane owiraptorydy – *Nomingia gobiensis* i *Rinchenia mongoliensis* o szcze- gólnie wysokim grzebieniu czaszkowym.

Znane są też cztery gatunki deinony- chozaurów, dromeozauryd *Adasaurus mon- goliensis* oraz troodontydy *Borogovia gra- cilicrus*, *Zanabazar junior* i *Tochisaurus nemegtensis*. Niewielki *Mononykus olecran- us* jest jedynym przedstawicielem nemeg- tańskich alwarezzaurów.

Zwiększyło się pod koniec kredy zróż- nicowanie ornitomimozaurów. Z formacji Nemegt znane są średniej wielkości (ok. 3 me- trów) *Anserimimus planinychus*, duży (6–8 metrów) szybko biegnący *Gallimimus bul-*

latus i ogromny, dwunastometrowy *Deino- cheirus mirificus*. Ten ostatni przez 45 lat znany był jedynie z pary 2,5-metrowych kończyn przednich odkrytych przez Polsko- Mongolską Ekspedycję. Dopiero w roku 2014 opublikowano dwa kolejne szkielety odna- lezione przez zespół koreańsko-mongolski. Okazało się, że zwierzę ten miał szeroki dziób, podobny w kształcie do pyska dinozaurów kaczodziobych, oraz wysokie wyrostki krę- gów grzbietowych, tworzących coś na kształt garbu na grzbiecie. Był wielki, masywnie zbudowany i zupełnie niepodobny do swoich smukłych krewniaków.

Dziesięciometrowy terizinozaur z for- macji Nemegt *Therizinosaurus chelonifor- mis* był największym przedstawicielem swo- jej grupy. Swoimi masywnymi kończynami przednimi przypominał nieco współwystę- pującego deinocheira, jednak były one za- kończone długimi, ostrymi szponami.

Zapewne chińska formacja Iren Dabasu jest równowiekowa z formacją Nemegt. Niegdyś uznawana była za współczesną fau- nie Djadokhta, jednak podobieństwo faun dinozaurów kaczodziobych i tyranozaurów oraz brak dinozaurów rogatych nie pozo- stawia wątpliwości co do datowania Iren Dabasu na najpóźniejszą kredę.

Mezozoiczny zapis kopalny Pustyni Gobi urywa się niespodziewanie, tuż przed krańcem kredy. Powyżej formacji Nemegt następuje luka sedimentacyjna obejmująca koniec mastrychtu a bezpośrednio nad for- macją Nemegt spoczywają osady środko- wego paleocenu.

Pustynia Gobi już od niemal stu lat przy- nosi wciąż nowe odkrycia kredowych krę- gowców lądowych. Udział polskich badaczy w poznaniu ówczesnych zespołów dino- zaurów jest znaczny. Materiał zebrany przez polsko-mongolskie ekspedycje naukowe pod kierownictwem Zofii Kielan-Jaworowskiej umożliwił polskim badaczom, szczególnie Halszce Osmólskiej, Teresie Maryańskiej i Ewie Roniewicz opisanie ponad połowy obecnie znanych gatunków dinozaurów z formacji Baruungoyot i Nemegt. Część z bogatej kolekcji wciąż jest opracowywana.

Literatura

Alifanov, V. 2014. Этапы эволюции динозавров в позднем мелу Азии. In: Е.Ю. Барабошкина, В.С. Маркевич, Е.В. Бугдаевой, М.А. Афонина, & М.В. Черепановой (eds), Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы

- стратиграфии и палеогеографии. *Материалы Седьмого Всероссийского совещания с международным участием 10–15 сентября 2014 г., г. Владивосток, о. Русский, кампус ДВФУ*, 23–36. Дальнаука, Владивосток.
- Arbour, V. 2014. *Systematics, Evolution, and Biogeography of the Ankylosaurid Dinosaurs*. 470 pp. PhD Thesis, University of Alberta.
- Bell, P.R. 2012. Standardized terminology and potential taxonomic utility for hadrosaurid skin impressions: A case study for *Saurolophus* from Canada and Mongolia. *PLoS ONE* 7, e31295
- Benton, M.J. 2000. Conventions in Russian and Mongolian palaeontological literature. In: M.J. Benton, M.A. Shishkin, & D.M. Unwin (eds), *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*, xxvi–xxxv. Cambridge University Press, Cambridge.
- Dashzeveg, D., Novacek, M.J., Norell, M.A., Clark, J.M., Chiappe, L.M., Davidson, A., McKenna, M.C., Dingus, L., Swisher, C., & Altangerel, P. 1995. Extraordinary preservation in a new vertebrate assemblage from the Late Cretaceous of Mongolia. *Nature* 374, 446–449.
- Eberth, D.A., Kobayashi, Y., Lee, Y.N., Mateus, O., Therrien, F., Zelenitsky, D.K., & Norell, M.A. 2009. Assignment of *Yamaceratops dorn gobiensis* and associated redbeds at Shine Us Khudag (Eastern Gobi, Dornobi Province, Mongolia) to the redescribed Javkhant Formation (Upper Cretaceous). *Journal of Vertebrate Paleontology* 29, 295–302.
- Fanti, F., Currie, P.J., & Badamgarav, D. 2012. New specimens of *Nemegtomaia* from the Baruungoyot and Nemegt formations (Late Cretaceous) of Mongolia. *PLoS ONE* 7, e31330.
- Hicks, J.F., Brinkman, D.L., Nichols, D.J., & Watabe, M. 1999. Paleomagnetic and palynologic analyses of Albian to Santonian strata at Bayn Shireh, Burkhan, and Khuren Dukh, eastern Gobi Desert, Mongolia. *Cretaceous Research* 20, 829–850.
- Kielan-Jaworowska, Z. 2013. *Pursuit of Early Mammals*. 253 pp. Indiana University Press, Bloomington.
- Lee, Y.N., Barsbold, R., Currie, P.J., Kobayashi, Y., Lee, H.J., Godefroit, P., Escuillié, F., & Chinzorig, T. 2014. Resolving the long-standing enigmas of a giant ornithomimosaur *Deinocheirus mirificus*. *Nature* 515, 257–260.
- Lucas, S.G. 2006. The *Psittacosaurus* biochron, Early Cretaceous of Asia. *Cretaceous Research* 27, 189–198.
- Makovicky, P.J. 2008. Telling time from fossils: a phylogeny-based approach to chronological ordering of paleobiotas. *Cladistics* 24, 350–371.
- Makovicky, P.J. & Norell, M.A. 2006. *Yamaceratops dorn gobiensis*, a new primitive ceratopsian (Dinosauria: Ornithischia) from the Cretaceous of Mongolia. *American Museum Novitates* 3530, 1–42.
- Makovicky, P.J., Kilbourne, B.M., Sadleir, R.W., & Norell, M.A. 2011. A new basal ornithopod (Dinosauria, Ornithischia) from the Late Cretaceous of Mongolia. *Journal of Vertebrate Paleontology* 31, 626–640.
- Nesbitt, S.J., Clarke, J.A., Turner, A.H., & Norell, M.A. 2011. A small alvarezsaurid from the eastern Gobi Desert offers insight into evolutionary patterns in the Alvarezsauridae. *Journal of Vertebrate Paleontology* 31, 144–153.
- Nichols, D.J., Matsukawa, M., & Ito, M. 2006. Palynology and age of some Cretaceous nonmarine deposits in Mongolia and China. *Cretaceous Research* 27, 241–251.
- Pittman, M., Pei, R., Tan, Q., & Xu, X. 2015. The first dromaeosaurid (Dinosauria: Theropoda) from the Lower Cretaceous Bayan Gobi Formation of Nei Mongol, China. *PeerJ* 3, e1480.
- Prieto-Márquez, A. 2010. Global historical biogeography of hadrosaurid dinosaurs. *Zoological Journal of the Linnean Society* 159, 503–525.
- Sabath, K. 2004. Świat żywy pustyni Gobi sprzed 70 milionów lat. *Ewolucja* 2, 12–29.
- Watabe, M. & Sullivan, R. 2011. A new pachycephalosaurid from the Baynshire Formation (Cenomanian–Late Santonian), Gobi Desert, Mongolia. *New Mexico Museum of Natural History Bulletin* 53, 489–497.

Internet

- Encyklopedia Dinozaury: encyklopedia.dinozaury.com
 Paleobiology Database: paleodb.org
 Dane paleobiogeograficzne: paleofile.com
 Jaime A. Headden – rekonstrukcje: qilong.wordpress.com

Zagadka zauropodów z pustyni Gobi

Daniel MADZIA

Zauropody (Sauropoda) to niegdyś szeroko rozpowszechniona grupa roślinożernych dinozaurów, która powstała w późnym triasie, istniała ponad 140 milionów lat, a wyginęła pod koniec kredy. Należała ona do jednej z dwóch dużych gałęzi ewolucyjnych dinozaurów gadziomiednicznych. Obecnie do zauropodów zalicza się ponad 150 gatunków, reprezentujących kilka linii ewolucyjnych. Niektórzy przedstawiciele tej grupy osiągnęli olbrzymie rozmiary ciała, przy czym gigantyzm pojawił się u tych zwierząt kilkakrotnie w różnych liniach ewolucyjnych. Największe rozmiary i masę (ponad 35 m długości oraz 70 ton masy ciała) osiągnęli przedstawiciele wciąż słabo poznanej grupy azjatyckich mamenchizaurydów, lepiej poznanych diplodokidów i wreszcie tytanozaurów, o których mowa w niniejszym artykule.

Historia badań nad zauropodami sięga pierwszej połowy XIX wieku, kiedy wybitny brytyjski uczonec Richard Owen, twórca ter-

minu „dinozaury”, opisał pierwszych dwóch przedstawicieli tej grupy: kardiodonta (*Cardiodon*) i cetiozaura (*Cetiosaurus*). Szczątki, na których podstawie ustanowiono te taksony, były na tyle niekompletne i niepodobne do wszystkiego, co do tej pory znano, że ich badania przyniosły więcej pytań niż odpowiedzi. Aż do końca lat sześćdziesiątych XX wieku, czyli do rozpoczęcia „renesansu dinozaurów” zainicjowanego przez Johna Ostroma, a przede wszystkim jego studenta Roberta T. Bakker’a, wiedza na temat zauropodów ograniczała się do opisów i prób interpretacji biologicznej kilku najbardziej popularnych taksonów (np. apatozaura, kamarazaura, diplodoka, czy brachiozaura). Dopiero na fali renesansu zainteresowania dinozaurami we wczesnych latach siedemdziesiątych, „zauropodologia” doświadczyła dużych postępów. Najbardziej owocne okazały się jednak badania prowadzone już w nowym tysiącleciu. W ciągu ostatnich lat liczba znanych zauropodów wzrosła co najmniej dwukrotnie, a najwięcej nowych znalezisk pochodzi z Argentyny oraz Chin.

Pomimo tego, że badania prowadzone w celu odtworzenia drzewa filogenetycznego zauropodów są dosyć częste (praktycznie każda publikacja będąca opisem nowego gatunku zauropoda zawiera również analizę filogenetyczną), stosunki pokrewieństwa wielu form nadal stanowią zagadkę. Jest wiele przyczyn tego stanu rzeczy. Najwięcej wątpliwości pojawia się naturalnie wtedy, kiedy do dyspozycji jest skąpy materiał kopalny lub materiał ten jest źle zachowany. Okazuje się jednak, że znaczący wpływ na badania ewolucyjne mogą mieć również zaszczości historyczne.

Polskie znaleziska

W 1965 roku, podczas trzeciej polsko-mongolskiej wyprawy paleontologicznej na pustynię Gobi pod kierownictwem profesor

Odsłanianie szkieletu zauropoda w Altan Uul IV na Pustyni Gobi, rok 1965





Zofii Kielan-Jaworowskiej udało się znaleźć dwa okazy zauropodów. Pierwszy stanowiła niekompletna czaszka o stosunkowo dobrym stanie zachowania, choć nieco zdeformowana na skutek nacisku otaczającego ją piaszczystego osadu. Brakowało tylko części łączącej przód czaszki z mózgową i niektórych kości podniebienia. Drugim okazem był prawie kompletny szkielet pozaczaszkowy, któremu brakowało tylko kręgosłupa szyjnego. Należał on prawdopodobnie do dorosłego osobnika. Niestety, szkielet był gorzej zachowany niż czaszka. Kręgi grzbietowe, choć w miarę kompletne, były mocno pokruszone. W podobnym stanie była kość krzyżowa. Jej prawa część została zniszczona w wyniku wietrzenia. Również w tym przypadku materiał kostny był nieco zdeformowany na skutek nacisku osadu.

Oba okazy zauropodów zostały odkryte w równoległych utworach formacji Nemegt; czaszka na stanowisku o nazwie Nemegt Uul, a szkielet w odległym o kilkadziesiąt kilometrów stanowisku Altan Uul IV. Skały, z których okazy zostały wydobyte, utworzyły się w środkowej fazie mastrychtu, a więc prawie pod sam koniec kredy. Zdaniem Tomasza Jerzykiewicza, kredowe środowisko kotliny Nemegt przypominało dzisiejszą deltę Okawango w Botswanie, która słynie z bogactwa form życia. Nie dziwi zatem, że osady formacji Nemegt wyróżniają się spośród lądowych utworów schyłku kredy pod względem ilości i jakości znalezisk skamieniałości kręgowców.

W 1971 roku Aleksander Nowiński z Zakładu Paleozoologii Polskiej Akademii Nauk (dzisiejszy Instytut Paleobiologii PAN) opisał czaszkę z Nemegt Uul, i zaliczył ją do nowego dla nauki taksonu *Nemegto-*

saurus mongoliensis. Ze względu na znaczny nakład pracy związany z preparacją prawie kompletnego szkieletu pozaczaszkowego, opis okazu z Altan Uul IV opublikowano dopiero sześć lat później. Jego autorką była Magdalena Borsuk-Białynicka z Zakładu Paleozoologii PAN, która nadała zwierzęciu skomplikowaną, ale dobrze dobraną nazwę – *Opisthocoelicaudia skarzynskii*. Nazwa rodzajowa tego nowego zauropoda odzwierciedlała tyłokłesłą (opistoceliczną) budowę jego kręgów ogonowych, których trzony są z przodu wypukłe, a z tyłu wklęsłe. Kręgi o takiej budowie były rzadkie wśród bardziej zaawansowanych zauropodów. U zdecydowanej większości krewnych opistocelikaudii kręgi ogonowe były proceliczne (z przodu wklęsłe, a z tyłu wypukłe).

Biorąc pod uwagę przykłady współcześnie żyjących kręgowców z opistocelicznymi kręgami ogonowymi, Magdalena Borsuk-Białynicka zasugerowała, że ogon opistocelikaudii mógł służyć do podpierania się, kiedy zwierzę okazjonalnie stawało na kończynach tylnych, by dosięgnąć pożywienia w koronach drzew. W przeciwieństwie do hipotez dotyczących biologii wymarłych kręgowców z drugiej połowy XX wieku, nowoczesne badania opierają się na często wyrafinowanych metodach komputerowego modelowania. W przypadku opistocelikaudii takie modelowanie wsparło wnioski profesor Borsuk-Białynickiej. Wypada w końcu dodać, że nazwa gatunkowa opistocelikaudii została nadana dla uhonorowania Wojciecha Skarżyńskiego – jednego z uczestników polsko-mongolskich wypraw paleontologicznych na pustynię Gobi, który wypreparował szkielet zwierzęcia z otaczającej go skały.

Zrekonstruowany szkielet
zauropoda w Muzeum
Ewolucji PAN – czaszka
nemegtozaura, zaś
szkielet pozaczaszkowy
opistocelikaudii

Razem czy osobno?

Odrębność gatunkowa obu okazów gobij-
skich zauropodów nie budziła wątpliwości.



Szpon ZPAL MgD-1/213a
znaleziony na stanowisku
Altan Uul II w 1971 r.

Czaszka nemegtozaura była podobna
do czaszek diplodoka i dikreo-
zaura, stosunkowo lekko
zbudowanych późnojuraj-
skich zauropodów. Po-
zaczaszkowy szkielet
opistocelikaudii był
natomiast wyjątkowo
masywny, przypomi-
nając innego popularnego
późnojurajskiego zauro-
poda: kamarazaura. Wg stanu
wiedzy z lat siedemdziesiątych XX w. nemeg-
tozaura z opistocelikaudią łączyły tylko miej-
sce i czas występowania.

Późniejszy postęp w badaniach zauro-
podów początkowo nie wnosił nic nowego
do sprawy. Opisy nowych gatunków zwykle
opierały się na szkielecie pozaczaszkowym,
a zwłaszcza na kręgach. Dzięki wyjątkowo
skomplikowanemu systemowi cienkich
blaszek (lamin) rozciągających się pomię-
dzy poszczególnymi wyrostkami kręgów,
stosunkowo łatwo można było doszukać
się unikatowych kombinacji owych lamin
charakterystycznych dla poszczególnych
gatunków. W latach dziewięćdziesiątych
nastąpiła jednak istotna zmiana w zrozu-
mieniu ewolucji szkieletu czaszkowego zauro-
podów. Szczególnie ważne okazały

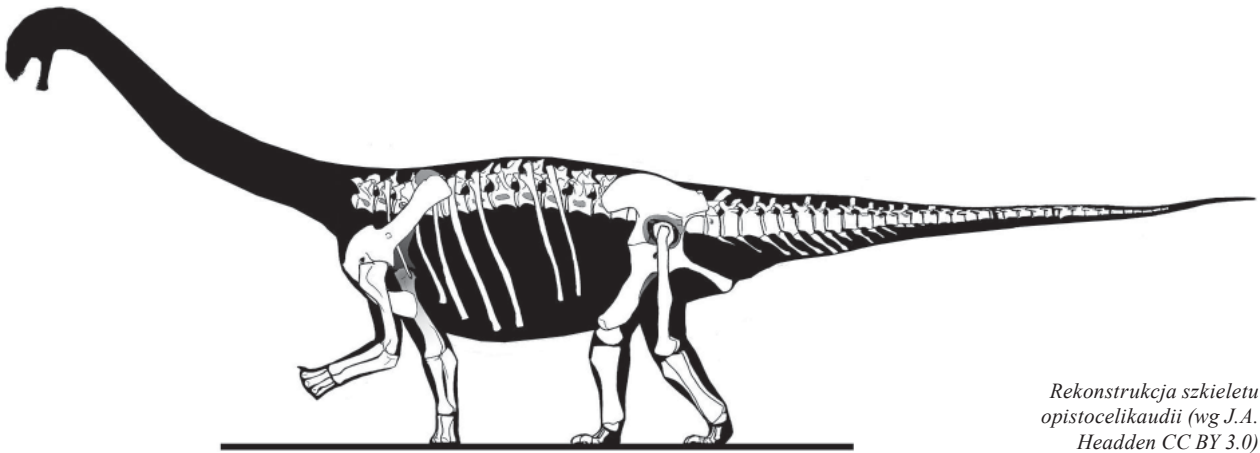
się badania południowoamerykań-
skich paleontologów, Leonardo
Salgado i Jorge Calvo, które do-
tyczyły tytanozaurów. To duża
gałąź ewolucyjna zaawanso-
wanych zauropodów,
które charakteryzowały
się przede wszystkim
wyjątkowo masywną
budową. Tytanozaury
jako jedyne zauro-

pody przetrwały do końca kredy. Należały
do nich między innymi olbrzymie ga-
tunki *Argentinosaurus huinculensis* czy
Puertasaurus reuili, które mogły osiągać
powyżej 35 metrów długości, a ich masa
przekraczała prawdopodobnie 70 ton.
Do tytanozaurów należała również opisto-
celikaudia. Choć była wyraźnie mniejsza
od argentynozaura czy puertazaura, ma-
sywna budowa jej ciała świadczy o bliskich
związku z tamtymi olbrzymami. Jednak,
jak się okazało m. in. w wyniku badań
Salgado i Calvo, z tytanozaurami należy łą-
czyć również nemegtozaura. Mimo że pier-
wotny opis sugerował, iż chodzi o bardzo
późnego przedstawiciela linii ewolucyjnej
obejmującej diplodoka i dikreozaura, ba-
dania z lat dziewięćdziesiątych wskazały
więcej podobieństw czaszki nemegtozaura
do czaszek masywnych tytanozaurów.

Podsumowując, nemegtozaur i opisto-
celikaudia należały do tytanozaurów. Ich
szczątki pochodzą z równoległych
warstw skalnych i ze stanowisk znajdujących
się niedaleko od siebie. Czy zatem oba tak-
sony mogły należeć do tego samego gatunku
zauropoda? Pierwsze przemyślenia na ten te-
mat pojawiły się już w publikacji Magdaleny
Borsuk-Białynickiej z 1977 roku. Wtedy
jednak nie było podstaw do połączenia ma-
teriałów obu dinozaurów w jeden gatunek.
Kolejne próby z lat dziewięćdziesiątych, tym
razem amerykańskiego badacza dinozaurów
Gregorego Paula, napotykały na poważne
trudności z powodu braku jakichkolwiek in-
nych skamieniałości, które można by powią-
zać z nemegtozaurom lub opistocelikaudią.
Te dwa okazy tytanozaurów z równole-
głych osadów mogły należeć do jednego
gatunku, jednak równie dobrze na obszarze
dzisiejszej kotliny Nemegt pod koniec kredy
mogły występować dwa gatunki tytanozau-
rów. Zapis kopalny z górnajurajskiej forma-
cji Morrison z Ameryki Północnej pokazuje,
że w tym samym środowisku mogło
występować kilka gatunków zauro-
podów, bo obok sie-
bie występują tam



Czaszka nemegtozaura
Nemegtosaurus mongoliensis
Nowiński, 1971 z kolekcji
Instytutu Paleobiologii PAN



Rekonstrukcja szkieletu
opisthocoelikaudii (wg J.A.
Headden CC BY 3.0)

szczątki kilku gatunków olbrzymich diplo-
dokidów.

Pierwsze solidne przesłanki na rzecz połączenia obu mongolskich zauropodów pojawiły się w 2003 roku, kiedy zespół pod kierunkiem znanego kanadyjskiego paleontologa Phila Curriego doniósł o nowym materiale kostnym z górnej kredy Mongolii. Pochodził on z Nemegt Uul, a więc ze stanowiska, w którym w 1965 roku znaleziono czaszkę nemegtozaura. Tym razem chodziło o część ogona, którego kręgi były wyraźnie opisthocoeliczne, czyli dokładnie takie same jak u *Opisthocoelicaudia skarzynskii*. W ramach przygotowywanej w 2012 roku pracy magisterskiej udało mi się wśród rozmaitych szczątków mongolskich dinozaurów z kolekcji Instytutu Paleobiologii PAN zidentyfikować pięć izolowanych szponów i dwa kręgi ogonowe należące do zauropodów. Choć materiał ten jest fragmentaryczny, nie wykazuje on żadnych różnic w stosunku do odpowiednich elementów znanych ze szkieletu opisthocoelikaudii. Dwa lata później do tego „nowego” materiału dołączyła jeszcze połowa kości udowej. Wszystkie te elementy kostne zostały odkryte w latach 1970 i 1971 w kilku miejscach, w tym na stanowisku, z którego pochodzi czaszka nemegtozaura.

Gdyby cały znany obecnie materiał należący do zauropodów z utworów formacji Nemegt został odkryty dzisiaj, prawdopodobnie nie byłoby wątpliwości co do tego, że należał on do jednego gatunku. Jednak po ponad czterdziestu latach od ustanowienia opisthocoelikaudii i nemegtozaura, ich nazwy stały się popularne. „Zlikwidowanie” jednej z nich może być bolesne dla wielbicieli dinozaurów (ze względu na obowiązujące zasady nomenklatury zoologicznej musielibyśmy się pożegnać z opisthocoelikaudią,

bo nemegtozaur został ustanowiony kilka lat wcześniej).

Połączenie całości materiału sprawiłoby, że *Nemegtosaurus mongoliensis* stałby się jednym z najlepiej poznanych zauropodów. Analiza filogenetyczna przeprowadzona przeze mnie w celu określenia pozycji filogenetycznej tak rozumianego nemegtozaura sugeruje, że najbliższym jego krewnym był *Alamosaurus sanjuanensis*, znany z utworów górnej kredy Ameryki Północnej. Alamozaura uważa się za jednego z najbliższych krewnych opisthocoelikaudii w ramach grupy zaawansowanych tytanozaurów nazywanej Saltosauridae. Ostateczne rozstrzygnięcie nastąpi jednak dopiero z chwilą znalezienia kompletnego szkieletu z głową na miejscu. Przypadek innego mongolskiego dinozura – deinocheira, znanego przez długi czas wyłącznie z kończyn przednich, wskazuje, że może to być tylko kwestią czasu.

Literatura

- Bakker, R.T. 1968. The superiority of dinosaurs. *Discovery* 3, 11–22.
- Bakker, R.T. 1972. Anatomical and ecological evidence of endothermy in dinosaurs. *Nature* 238, 81–85.
- Borsuk-Białynicka, M. 1977. A new camarasaurid sauropod *Opisthocoelicaudia skarzynskii*, gen. n., sp. n. from the Upper Cretaceous of Mongolia. *Palaeontologia Polonica* 37, 1–64.
- Currie, P.J., Badamgarav, D., & Koppelhus, E.B. 2003. The first Late Cretaceous footprints from the Nemegt locality in the Gobi of Mongolia. *Ichnos* 10, 1–12.
- Jerzykiewicz, T. 1998. Okavango Oasis, Kalahari Desert: A contemporary analogue for the Late Cretaceous vertebrate habitat of the Gobi Basin, Mongolia. *Geoscience Canada* 28, 15–26.
- Jerzykiewicz, T. & Russell, D.A. 1991. Late Mesozoic stratigraphy and vertebrates of the Gobi Basin. *Cretaceous Research* 12, 345–377.
- Madzia, D. 2013. *On the Possible Conspecificity of Opisthocoelicaudia skarzynskii and Nemegtosaurus*

- mongoliensis (*Sauropoda, Titanosauria*) from the Upper Cretaceous Nemegt Formation of Mongolia. 84 pp. Praca magisterska wykonana w Zakładzie Paleontologii Uniwersytetu Warszawskiego.
- Madzia, D. & Machalski, M. 2014. Powrót straszno-rękiego. *Rocznik Muzeum Ewolucji* 6, 25–32.
- Nowiński, A. 1971. *Nemegtosaurus mongoliensis* n. gen., n. sp. (Sauropoda) from the uppermost Cretaceous of Mongolia. *Palaeontologia Polonica* 25, 57–81.
- Ostrom, J.H. 1969. Osteology of *Deinonychus antirrhopus*, an unusual theropod from the Lower Cretaceous of Montana. *Peabody Museum of Natural History Bulletin* 30, 1–165.
- Paul, G.S. 1996. *The Complete Illustrated Guide to Dinosaur Skeletons*. 98 pp. Gakken Mook, Tokyo.
- Salgado, L. & Calvo, J.O. 1997. Evolution of titanosaurid sauropods. II: The cranial evidence. *Ameghiniana* 34, 33–48.
- Taylor, M.P. 2010. Sauropod dinosaur research: a historical review. In: R.T.J. Moody, E. Buffetaut, D. Naish, & D.M. Martill (eds), *Dinosaurs and other Extinct Saurians: A Historical Perspective*. *Geological Society of London, Special Publication* 343, 361–386.
- Upchurch, P., Barrett, P.M., & Dodson, P. 2004. Sauropoda. In: D.B. Weishampel, P. Dodson, & H. Osmólska (eds), *The Dinosauria, Second Edition*. 259–322. University of California Press, Berkeley.
- Wilson, J.A. 2002. Sauropod dinosaur phylogeny: critique and cladistic analysis. *Zoological Journal of the Linnean Society* 136, 217–276.
- Wilson, J.A. 2005. Redescription of the Mongolian sauropod *Nemegtosaurus mongoliensis* Nowinski (Dinosauria: Saurischia) and comments on Late Cretaceous sauropod diversity. *Journal of Systematic Palaeontology* 3, 283–318.

Kredowy skarbiec skamieniałości na Pustyni Gobi

Krzysztof OWOCKI

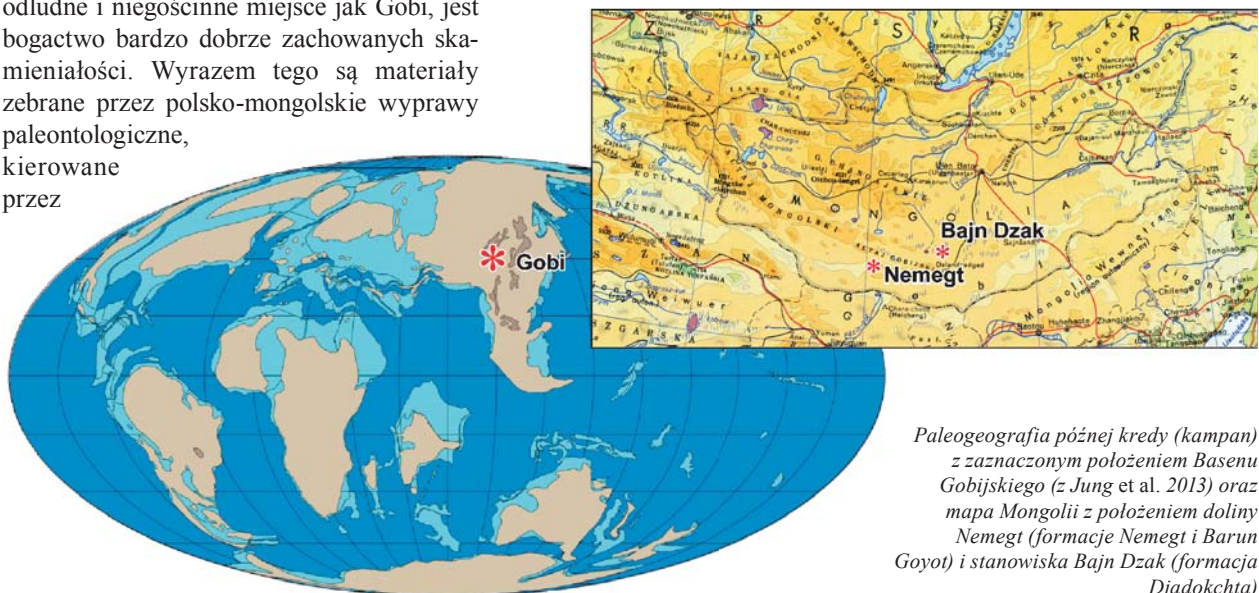
Od przeszło pięćdziesięciu lat pustynia Gobi jest Mekką dla paleontologów badających faunę lądową końca kredy.

Liczne doskonale zachowane szkielety dinozaurów, ptaków, ssaków i innych kręgowców poszerzają naszą wiedzę na temat ich ewolucji pod koniec mezozoiku. Pierwsze badania paleontologiczne na Pustyni Gobi były prowadzone przez serię Środkowo-Azjatyckich Ekspedycji Amerykańskiego Muzeum Historii Naturalnej w latach 1922–1930, którymi kierował Roy Chapman Andrews (był on inspiracją dla filmowej postaci Indiany Jonesa). Po drugiej wojnie światowej eksplorację Pustyni Gobi podjęły ekspedycje radzieckie oraz Polsko-Mongolskie Ekspedycje Paleontologiczne (w latach 1963–1971). W latach pięćdziesiątych, po rozpadzie bloku komunistycznego, Mongolia była eksplorowana przez serię niewielkich wypraw paleontologicznych, głównie z Europy, USA, Kanady i Japonii, które jednak nie dorównywały rozmachem wcześniejszym ekspedycjom amerykańskim, radzieckim czy polsko-mongolskim.

Tym, co przyciąga paleontologów w tak odludne i niegościnne miejsce jak Gobi, jest bogactwo bardzo dobrze zachowanych skamieniałości. Wyrazem tego są materiały zebrane przez polsko-mongolskie wyprawy paleontologiczne, kierowane przez

prof. Zofię Kielan-Jaworowską z ówczesnego Zakładu Paleozoologii (obecnie Instytut Paleobiologii) PAN. Obejmują one blisko czterdzieści okazów dużych dinozaurów, z czego połowa to kompletne lub prawie kompletne szkielety, liczne szkielety lub czaszki małych dinozaurów, jaszczurek, żółwi, ptaków, okazy skamieniałych jaj (niektóre ze szkieletami niewyklutych piskląt) i gniazd dinozaurów oraz ptaków, a przede wszystkim ponad sto osiemdziesiąt okazów mezozoicznych ssaków, niezwykle rzadkich w zapisie kopalnym. Wiele z nich to gatunki opisane po raz pierwszy przez polskich i mongolskich badaczy.

Odsłaniające się na Gobi późnokredowe formacje Djadokhta, Barun Goyot i Nemegt należą do najbogatszych w kości kręgowców formacji mezozoicznych na świecie. Brak osadów morskich w Mongolii oraz skamieniałości przewodnich stanowi duży problem przy ocenie wieku tych formacji. Korelacja mongolskich zespołów kręgowców z północnoamerykańskimi na podstawie ich zaawansowania ewolucyjnego, metody palinologiczne, a także magnetostratygraficzne



Paleogeografia późnej kredy (kampan) z zaznaczonym położeniem Basenu Gobijskiego (z Jung et al. 2013) oraz mapa Mongolii z położeniem doliny Nemegt (formacje Nemegt i Barun Goyot) i stanowiska Bajndzak (formacja Djadokhta)

sugerują, że te trzy formacje stanowią łącznie zapis półtora do dwóch milionów lat późnej kredy, najprawdopodobniej na przełomie wieków kampan i mastrycht. Mamy więc w Mongolii prawdziwy skarbiec ze skamieniałościami, który stanowi szeroko otwarte okno na ewolucję dinozaurów, ssaków i innych grup kręgowców pod koniec ery mezozoicznej. Nasuwa się jednak pytanie, dlaczego kości dinozaurów z Mongolii są tak dobrze zachowane?

Pośmiertne losy dinozaurów

Kość jest narządem składającym się w większości z tkanki kostnej, będącej naturalnym kompozytem, utworzonym w około 70% wagowych z fosforanu wapnia, 24% wagowych z organicznej macierzy i 6% z wody. Głównym składnikiem kości jest uwodniony węglanowy fosforan wapnia wykształcony w formie nanokryształów, wypełniających luki w organicznej macierzy. Nano-kryształy występujące w kości są jednymi z najmniejszych kryształów pochodzenia biologicznego występujących w naturze. Zwykle mają one 20–50 nm (nanometrów) długości oraz 12–20 nm szerokości. Większość organicznej macierzy w tkance kostnej stanowi kolagen, białko o dużej zawartości glicyny i proliny, o strukturze potrójnej helisy tworzącej włókna o długości 300 nm i średnicy 1,5 nm. Poszczególne włókna łączą się między sobą w wiązki (mikrofibryle) o średnicy rzędu 75 nm. Kolagen nadaje kości elastyczność i zwiększa jej odporność na obciążenie.

Odcisk skóry dinozaura z rodzaju *Saurolophus*, „Mogila Smoka”, formacja Nemegt



Dziedzina badań wyjaśniająca jak kamienieją kości to tafonomia. Tafonomia została zdefiniowana w 1940 r. przez radzieckiego paleontologa Iwana Efremova – *nota bene* poczytnego pisarza fantastyki naukowej – jako nauka zajmująca się pośmiertnym losem szczątków dzisiejszych i kopalnych organizmów, mechanizmami powstawania skamieniałości, a także wyjaśnianiem luk w zapisie kopalnym. W ramach tafonomii można wyróżnić biostratonomię, zajmującą się pośmiertnymi losami organizmu przed ostatecznym pogrzebaniem w osadzie, oraz diagenезę będącą procesem mineralizacji szczątków organizmów. 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 narzędzie rekonstrukcji paleośrodowiskowych.

Na podstawie obserwacji dzisiejszych ekosystemów lądowych szacuje się, że ciała padłych zwierząt dostarczają do nich zaledwie około 1% materii organicznej. Aby zwierzę zachowało się w zapisie kopalnym, kluczowe jest jak najszybsze pogrzebanie szczątków w osadzie. Szacuje się, że 35–75% trupów w środowiskach lądowych zostaje pożartych przez padlinożerców, przy czym w przypadku drobnych zwierząt, ilość szczątków mających szansę zachować się w zapisie kopalnym spada niekiedy do zera. W warunkach powierzchniowych przekształcenie w szkielet trupa dużego ssaka może trwać kilka tygodni, zaś rozpad kości kolejne 10–15 lat. W przypadku szybkiego pogrzebania szansa na zachowanie się materiału kostnego jest większa niż materii fekalnej (koprolity), lecz mniejsza niż materii pochodzenia roślinnego. Pogrzebane, rozkładające się truchła dużych zwierząt tworzą swoiste wyspy geochemiczne (*Cadaver Decomposition Islands*). W przypadku słonia afrykańskiego taka wyspa oddziałuje na środowisko glebowe w promieniu 0,3–1,0 metra od trupa. W środowisku aerobowym dominuje rozkład materii organicznej na kwasy organiczne i gazy gnilne przez niczenie oraz mikroorganizmy, takie jak bakterie i grzyby. Natomiast w środowisku anaerobowym dominuje autoliza komórek.

Na tym etapie w wyniku pogrzebania w osadach ilastych powstrzymujących procesy rozkładu może dochodzić do mumifikacji fragmentów tkanek poprzez oddziaływanie wosku ziemnego, roztworów bogatych w krzemionkę, lub kwasów humusowych. W przypadku pogrzebania w gruboziarnistych osadach nasyconych wodą bogatą w jony wapnia, żelaza i manganu może natomiast dojść do powstania odlewów skóry i innych elementów ciała. Wciąż niewiele wiadomo o procesach rozkładu i związanych z nimi podziemnymi biocenozami, które są obecnie przedmiotem intensywnych badań aktualistycznych.

Po rozkładzie tkanek miękkich wczesna diagenetyka jest inicjowana w kościach przez mikroorganizmy drążące kość. Proces ten jest szczególnie intensywny przez pierwsze 500 lat od pogrzebania kości, przy czym warunki anaerobowe, obecność kwasów humusowych oraz szybka krystalizacja różnych składników mineralnych stanowią czynniki sprzyjające zachowaniu kości, czyniąc je niewrażliwymi na ataki mikroorganizmów. Taka sytuacja musiała zachodzić w przypadku kości mongolskich dinozaurów, gdyż prawie w ogóle nie ma na nich drążeń mikroorganizmów, jeśli nie liczyć kilku odosobnionych przypadków nadtrawienia kości przez sinice (na kościach z formacji Nemegt) i drążeń wykonanych przez owady (na kościach z formacji Djadokhta).

Większość kolagenu w kościach ulega rozkładowi na drodze hydrolizy, gdy w środowisku nasyconym wodą kolagen pęcznienie i rozsada elementy kości (osteony), tworząc charakterystyczną sieć mikrospełkań. Pozbawiony osłony kolagenu hydroksyapatyt kości jest niestabilny z powodu małych rozmiarów nano-kryształów. Aby się nie rozpaść, kość musi ulec rekrytalizacji, do czego konieczny jest kontakt z roztworami o alkalicznym odczynie. W takich warunkach nanokryształy zwiększają swe rozmiary, wypełniając luki pozostałe po kolagenie i stają się bardziej stabilne. W czasie rekrytalizacji hydroksyapatyt wychwytuje ze środowiska różne pierwiastki, które niczym klocki Lego wpasowują się w jego sieć krystaliczną. W sprzyjających warunkach jest to dość szybki proces, dający zmiany w składzie kostnego hydroksyapatytu, zauważalne przy pomocy nowoczesnych technik spektrometrii w ciągu 15–25 lat od momentu pogrzebania, jak to pokazały

obserwacje szczątków dzisiejszych kręgowców lądowych z Amboseli w Kenii.

Radioaktywne kości

Takimi „klockami“ podstawiającymi wapiń w strukturze apatytu podczas jego rekrytalizacji są uran i lantanowce. Uran został wykryty w kościach mongolskich dinozaurów już w 1967 roku, co zostało opisane w czasopiśmie *Nature* przez Zbigniewa Jaworowskiego. Dzięki postępowi w technikach badawczych (m.in. spektrometria mas) jesteśmy w stanie określić precyzyjnie koncentrację tego pierwiastka. W kościach z formacji Nemegt zawartość uranu w kości często przekracza 2000 ppm (części na milion), czyli jest ponad 200 razy większa niż w otaczającym kość osadzie. Wynika to z właściwości jonów tego metalu. Jony uranu na +VI stopniu utlenienia są łatwo rozpuszczalne w wodzie i w alkalicznych warunkach tworzą kompleksy z grupami węglanowymi i fosforanowymi, które podlegają rekrytalizacji kości chłonie niczym gąbka. W przypadku lantanowców, ich koncentracje w kościach mongolskich dinozaurów często przekraczają 20 000 ppm. Lantanowce w niskich koncentracjach powszechnie występują w wodach powierzchniowych i podziemnych.

Specyficzne właściwości lantanowców pozwalają je podzielić na lekkie (np. lantan i neodym), średnie (np. samar) i ciężkie (np. lutet). Relacje pomiędzy poszczególnymi grupami tych pierwiastków w roztworach wodnych określają czynniki środowiskowe takie jak pH, współczynnik redoks, obecność jonów węglanowych lub materii organicznej. Nasycając się lantanowcami kość staje się zatem cennym narzędziem do badania środowiska pogrzebania i warunków powstawania skamieniałości. W przypadku kości z formacji Djadokhta dominują lekkie lantanowce, co wyraża się niskim stosunkiem lantanu do samaru. Wskazuje to na pogrzebanie szczątków w środowisku powietrznym (eolicznym), albowiem to właśnie podczas wietrzenia i powstawania osadów eolicznych lekkie lantanowce są adsorbowane przez ziarna mineralne. Natomiast w kościach dinozaurów z formacji Nemegt dominują średnie i ciężkie lantanowce, co sugeruje pogrzebanie kości w osadach rzecznych. Wynika to z faktu, że w wyniku wietrzenia profili glebowych średnie

i ciężkie lantanowce są wypłukiwane przez wody opadowe/podziemne, które zasilają rzeki, gdzie pierwiastki te łączą się jonami węglanowymi i związkami organicznymi. Rozmieszczenie uranu i lantanowców wewnątrz kości dinozaurów z Mongolii nie jest jednorodne. Pierwiastki te w większości koncentrują się przy powierzchni zewnętrznej kości, natomiast głębiej prawie w ogóle ich nie ma. Wskazuje to na szybką rekryształizację kości, która zakończyła się zanim cały szczątek zdołał nasycić się pierwiastkami wyłapywanymi z roztworów.

Dzięki szybkiej rekryształizacji kości dinozaurów z Mongolii mają doskonale zachowaną mikrostrukturę z widocznymi takimi elementami jak kanaliki i jamki kostne lub też linie wstrzymanego wzrostu. Jest to dobrze znane już od lat osiemdziesiątych i było szczegółowo opisywane przez R. Pawlickiego z Uniwersytetu Jagiellońskiego. Dzięki doskonale zachowanej mikrostrukturze kości można zgłębiać takie tajemnice życia dinozaurów, jak tempo ich metabolizmu lub wzrostu. Jedynymi defektami spotykanymi w kościach z Nemegt są spękania powstałe w trakcie nasycania wodą kolagenu. Brak takich spękań w kościach dinozaurów z formacji Barun Goyot i Djadokchta sugeruje, że rozpad kolagenu i rekryształizacja fosforanu zachodziła na powietrzu.

Wskutek rozkładu kolagenu wewnątrz kości panują warunki redukcyjne, co może powodować krystalizację siarczków i tlenków żelaza oraz manganu. Proces ten jest ograniczony do bardzo wczesnej diagenety i tworzy naturalne wypełnienia i odlewy delikatnych struktur histologicznych, takich jak kanaliki i jamki kostne. Kluczowa na tym etapie jest dostawa siarki z rozkładu materii organicznej oraz jonów żelaza i manganu z roztworów, które penetrują kość. Takie wypełnienia można spotkać często w kościach z formacji Nemegt, tam gdzie koncentracje tlenków są największe, kość przybiera czarną barwę. Minerale, takie jak kalcyt i baryt, są zwykle uważane za wypełniające kanały po naczyniach krwionośnych wewnątrz kości, pustki w kości gąbczastej oraz jamę szpikową podczas późnej diagenety. Nie można jednak wykluczyć ich szybkiej krystalizacji krótko po rozkładzie materii organicznej. Badając kości padłych ssaków z parku narodowego Amboseli tafonomowie stwierdzili, że w niektórych kościach puste przestrzenie zostały wypełnione kalcytem/

barytem w ciągu zaledwie kilku lat. Szybko krystalizujące fazy mineralne mogą blokować migrację mikroorganizmów i agresywnych roztworów wewnątrz kości, chroniąc ją przed degradacją i zapewniając jej dobre zachowanie po wielu milionach lat. Kalcyt i baryt pospolicie występują w kościach dinozaurów z Mongolii. Baryt świadczy o obecności jonu siarczanowego oraz baru w wodach porowych. Mineral ten dominuje w nielicznych kościach, wypełniając całkowicie pustki, bądź też tworząc kryształy.

Kalcyt jest najpowszechniejszą fazą mineralną w kościach dinozaurów, zarówno w kanałach naczyniowych, jak i jamach szpikowych. W niektórych przypadkach przyjmuje formy drobnoziarnistych mozaik lub nawet dużych palisadowych kryształów, niekiedy ponad 1 cm długości. Taki gruboziarnisty kalcyt wykazuje budowę pasmową w obrazie katodoluminescencji, co sugeruje długotrwałą krystalizację przy cyklicznych zmianach składu wód porowych, być może na skutek zmian pór roku. Drobny kalcyt jest zwykle związany z krystalizacją na powietrzu.

Drobnokrystaliczny kalcyt zawarty w kościach dinozaurów z formacji Nemegt często zamyka w sobie delikatne struktury pochodzenia organicznego, takie jak zmineralizowane strzępki grzybów oraz mikrokonkrekcje bakteryjnego pochodzenia. Dzisiejsze grzyby zwykle są związane ze środowiskami lądowymi, gdzie pełnią ważną rolę w mineralizacji i cementacji osadu. Grzyby mogą pasywnie akumulować różne minerały w otoczkach śluzowych wokół plechy, gdzie takie związki jak laktaty, oksalaty i glutonaty tworzą kompleksy z jonami metali. W efekcie wokół i wewnątrz strzępek często mogą krystalizować ferryhydryt, getyt, hematyt, trodorokit, haloizyt, montmorylonit, a nawet fosforany uranu. Takie twory mineralne mogą przetrwać w zapisie kopalnym, czego doskonałym przykładem są strzępki i konidia grzybów znalezione w skamieniałych jajach zółwi z chińskiej formacji Liangtougang (alb) oraz strzępki grzybów wewnątrz kości dinozaurów z formacji Nemegt. Wewnątrz kości dinozaurów grzybnia jest zmineralizowana hematytym i nieprzezroczystym czarnym tlenkiem manganu.

Zaskakująca i wyjątkowa jest również obecność struktur mineralnych wytworzonych przez biofilmy bakteryjne, zarówno wewnątrz kanałów naczyniowych, jak

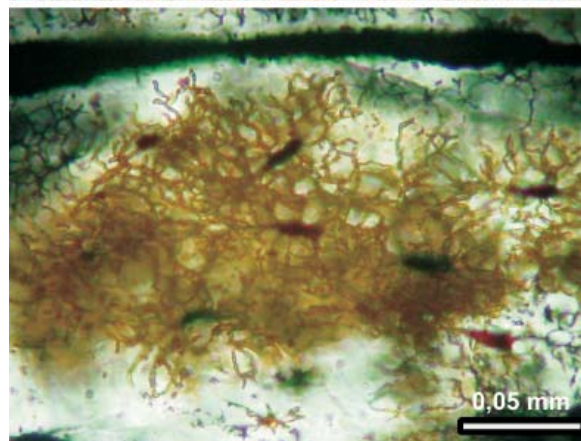
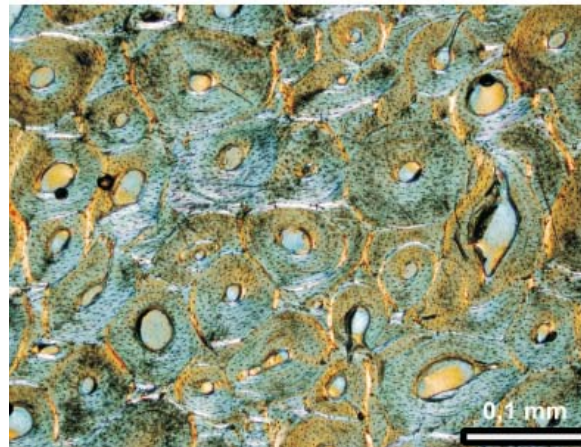
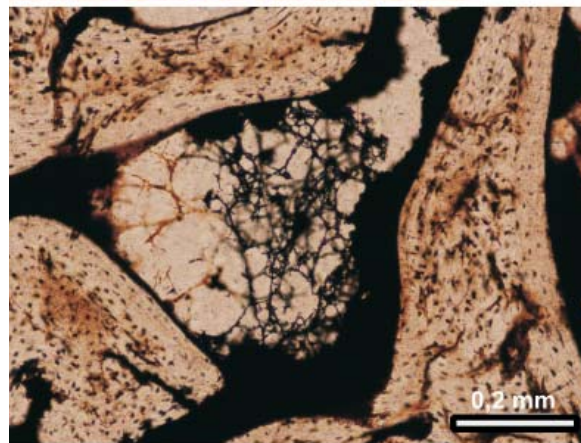
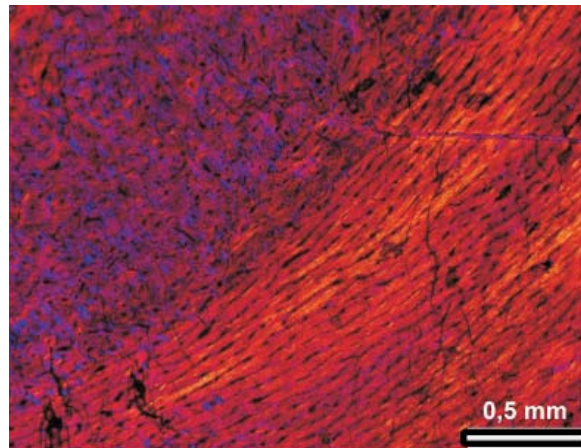
i na powierzchni beleczek kostnych i ścian jamy szpikowej kości. Znamienny jest masowy charakter występowania struktur pochodzenia bakteryjnego oraz ich częste współwystępowanie ze zmineralizowanymi grzybami. Ma to prawdopodobnie pozytywny wpływ na stan zachowania kości, gdyż wytracone minerały blokują drogę migracji innym mikroorganizmom, które mogłyby penetrować i niszczyć strukturę wewnętrzną kości.

Badania tafonomiczne wskazują, że rozkład materii organicznej (w przypadku kości dinozaurów byłby to szpik kostny) może w ciągu kilku tygodni spowodować krystalizację kalcytu. Przymuszcza się, że szybka krystalizacja kalcytu mogła pośrednio przyczynić się do doskonałego zachowania biofilmów i strzępek grzybów w kościach dinozaurów z Mongolii.

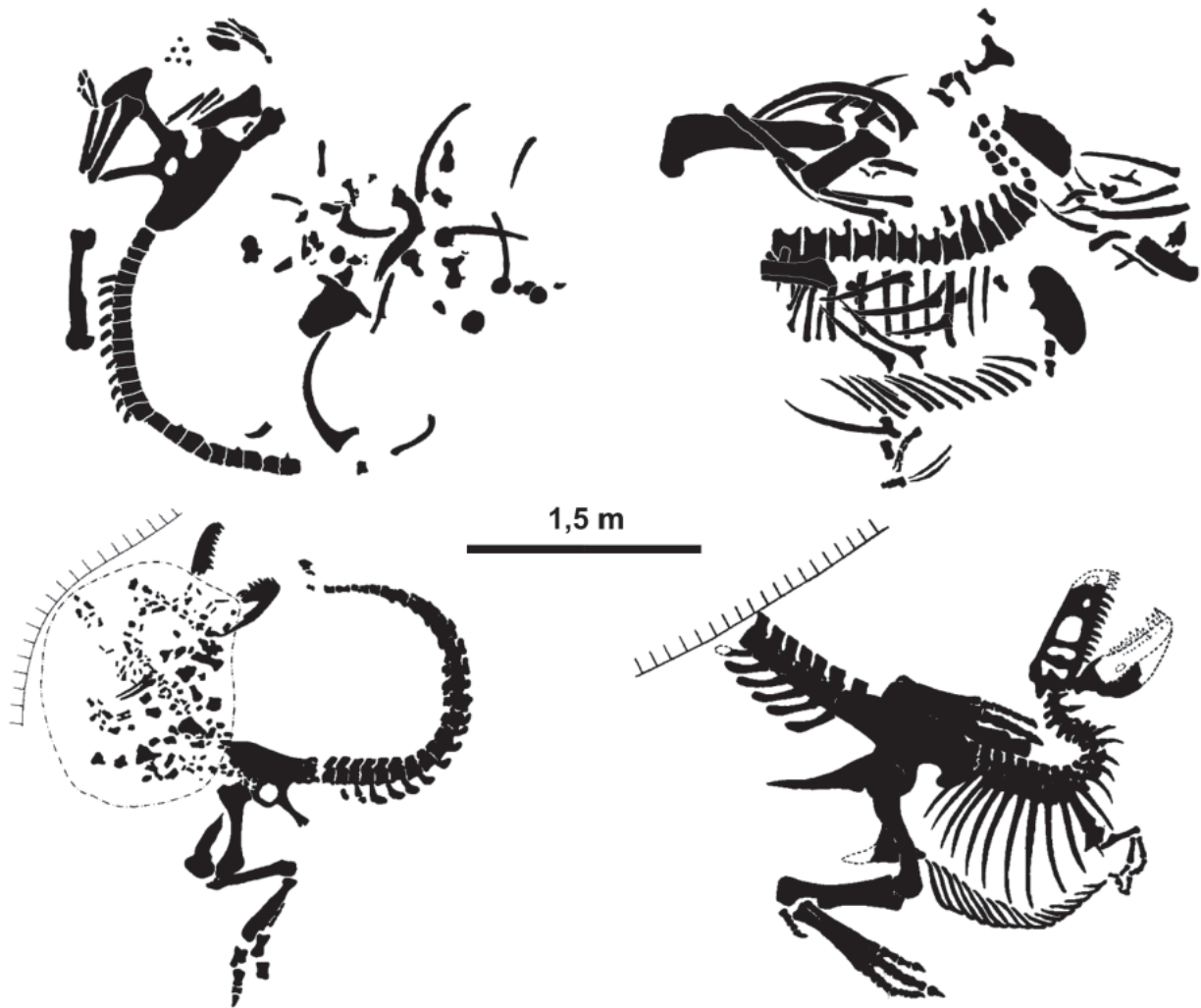
Niezwykłe cmentarzyska

Skały formacji Nemegt to kontynentalne piaskowce i mułowce o charakterystycznym czerwonym zabarwieniu („red beds”) o dużej zmienności zarówno obocznie, jak i w następstwie stratygraficznym (w profilu pionowym). Najczęściej tworzą one zespoły warstw powstałych podczas jednego cyklu osadzania (cyklotemy) o miąższości od kilku do kilkunastu metrów. Rozpoczynają się od powierzchni erozyjnych ze zlepioncami i żwirami, które przechodzą stopniowo ku górze w coraz bardziej drobnoziarniste piaski i piaskowce. Cyklotemy te stanowią wypełnienie kanałów erozyjnych, o szerokości od 30 do ponad 80 metrów. Osady wypełniające kanały często wykazują warstwowanie przekątne i migrujące zmarszczki (ripplemarki) typowe dla rzecznych łąch korytowych. Na zewnątrz kanałów występują drobnoziarniste piaski, muły i łyły z licznymi śladami działalności organizmów i redeponowanymi fragmentami skorup węglanowych powstających w glebie w warunkach suchego klimatu (*caliche*).

Już w 1969 roku Ryszard Gradziński zwrócił uwagę na wyjątkowość formacji Nemegt pod względem sposobu zachowania szczątków dinozaurów. Większość materiału kopalnego wydobytego przez Polsko-Mongolskie Ekspedycje Paleontologiczne to kompletne szkielety lub kości w częściowo pierwotnym połączeniu, natomiast pojedyncze kości są w tych skałach stosun-



Mikrografie płytek cienkich kości dinozaurów z kotliny Nemegt; od góry: kość Gallimimus w świetle spolaryzowanym, widoczny front przebudowy pierwotnej tkanki kostnej w kość wtórną; wtórne osteony w kości Gallimimus w świetle spolaryzowanym; zmineralizowane grzyby w istocie gąbczastej kości Tarbosaurus; diagenetyczne tlenki żelaza wypełniające jamki i kanaliki kostne w kości Gallimimus



Plany sytuacyjne przedstawiające szkielety tarbozaurów znalezionych w osadach formacji Nemegt

kowo rzadkie. Większość szkieletów była pogrzebana w osadach wypełniających kanały erozyjne, przy czym dolna część szkieletu tkwiła w podstawowym zlepieńcu, natomiast pozostała część była przykryta piaszczystymi osadami z warstwowaniem przekątnym. Pojedyncze kości były znajdowane tylko w zlepieńcach wypełniających dna kanałów erozyjnych.

Badając rozkład przestrzenny kości w osadzie, jak również struktury sedymentacyjne towarzyszące znaleziskom, Ryszard Gradziński doszedł do wniosku, że decydującym czynnikiem wpływającym na kompletność i stopień artykulacji szkieletów dinozaurów był stan rozkładu tkanek miękkich w chwili pogrzebienia ciała. Większość szkieletów dinozaurów dwunożnych została znaleziona w pozycji leżącej na boku, z szyją i ogonem wygiętymi w stronę grzbietu. W wielu przypadkach ciało uległo tylko początkowym fazom rozkładu, o czym świadczą zachowane odciski skóry w osadzie otaczającym niektóre szkielety np. w przypadku

odkrytego przez Rosjan nagromadzenia szkieletów dinozaurów kaczodziobych z gatunku *Saurolophus angustirostris*, zwanego „Mogilą Smoka“ w stanowisku Altan Ula II. Brak niektórych elementów szkieletu w tego rodzaju znaleziskach można wytłumaczyć ich zniszczeniem podczas niedawnej erozji, jak w przypadku szkieletu *Tarbosaurus bataar* z Tsagan Khushu, lub podczas wietrzenia odsłoniętej części szkieletu.

Na podstawie powyższych obserwacji Ryszard Gradziński zasugerował, że środowiskiem pogrzebienia szczątków dinozaurów z formacji Nemegt były korytowe piaszczyste łachy osadzone w czasie katastrofalnych powodzi. Potwierdzają tę interpretację znaleziska nagromadzeń ośródek muszli słodkowodnych mięczaków w obrębie zlepieńców w spągowej części kanałów erozyjnych razem z okruchami wcześniej utworzonej i przemieszczonej skały oraz liczne żelaziste smugi w osadach piaszczystych, interpreto-

wane przez Gradzińskiego jako pozostałości roślinnego detrytus. Ponadto w Tsagan Khushu i Altan Ula szczątkom kręgowców towarzyszą zwapniałe gałęzie araukarii, zaś na stanowisku Altan Ula II („Mogiła Smoka”) pnie o długości 5–8 metrów i średnicy do 30 cm, o orientacji zgodnej z prądowymi strukturami sedymentacyjnymi.

Typowa dla wielu znalezisk dwunożnych dinozaurów drapieżnych i kaczodziobych z formacji Nemegt pozycja „na boku”, jest przypisywana zwierzętom, które padły z głodu i wycieńczenia, zaś podkurczone kończyny i wygięta ku tyłowi głowa są rezultatem stężenia pośmiertnego. Anatomiczny układ kości zdecydowanej większości szkieletów, skamieniałe odciski skóry, oraz brak śladów działalności padlinożerców są wyjątkowym stanem zachowania szczątków kręgowców. Świadczy to o specyficznych warunkach śmierci i pogrzebaniu dinozaurów z Kotliny Nemegt. Warunki te musiały przypominać sytuacje opisane z Afryki, kiedy podczas katastrofalnej suszy liczba padłych zwierząt przewyższa możliwości konsumpcyjne padlinożerców. W takich ekstremalnych warunkach wiele trupów pozostaje nietkniętych, ponieważ słońce wysusza tkanki miękkie, utrudniając ich rozkład przez mikroorganizmy, zaś katastrofalna susza przetrzebia także populację padlinożerców.

W kotlinie Nemegt kości występują niemal wyłącznie w utworach koryt rzecznych i nie znajduje się ich w osadach pozakorytowych. Badania wielkich afrykańskich ssaków (szczególnie słoń) sugerują, że taki stan rozmieszczenia szczątków zwierząt nie jest niezwykły. Zwierzęta w czasie suszy nagminnie padają nie z pragnienia, lecz

z głodu i zwykle przebywają w pobliżu sadzawek i wysychających koryt rzecznych, aby uniknąć przegrzania, brodząc w nich niekiedy przez większą część dnia. W przypadku dinozaurów z Nemegt dominują w zapisie kopalnym osobniki młodociane i prawie dorosłe. Można domniemywać, że ze względu na małe życiowe doświadczenie były szczególnie narażone na śmierć w warunkach nagłej niekorzystnej zmiany warunków środowiska. W dzisiejszych ekosystemach nietknięte trupy są transportowane i ostatecznie pogrzebane wraz z nadejściem pory deszczowej, gdy rzeki gwałtownie przybierają, często powodując katastrofalne powodzie. W przypadku dinozaurów z Mongolii ciała padłych osobników mogły być pogrzebane w czasie takich wezbrań. Nawodniony piaszczysty osad otaczając ich ciała i kamieniejąc zachował fakturę skóry padliny. Tam, gdzie tkanki miękkie uległy częściowej dekompozycji, zachowały się tylko oderwane części ciała, zwykle kończyny. W pojedynczych przypadkach fragmenty szkieletów lub pojedyncze kości były ekspozowane na dnie rzeki w bruku korytowym i obrastały sinicami. Takie środowisko sprzyja doskonałemu zachowaniu struktur histologicznych, gdyż bogaty w roztwory osad w warunkach deficytu tlenu sprzyja szybkiej krystalizacji minerałów diagenetycznych i rekrystalizacji kości.

Warunkiem zachowania kości dinozaurów w kotlinie Nemegt był szybki i stały przyrost osadów rzecznych wynikający z tektonicznego pogłębiania się (subsydencji) basenu Gobijskiego. Dzięki temu nie dochodziło do rozmywania wcześniej złożonych osadów zawierających szczątki dinozaurów.

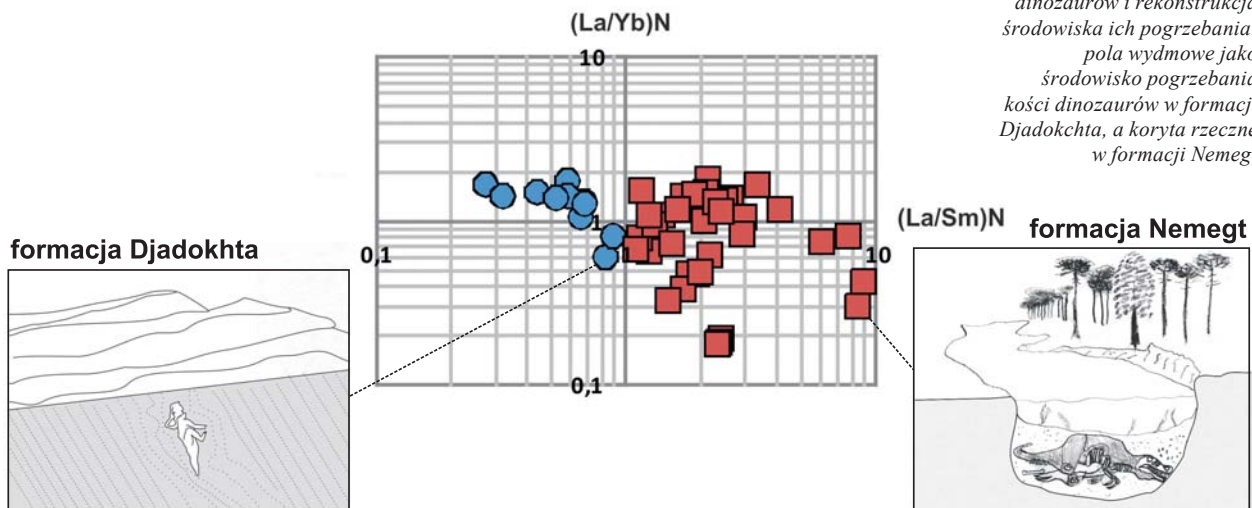


Diagram przedstawiający proporcje zawartości lekkich, średnich i ciężkich lantanowców w kościach dinozaurów i rekonstrukcja środowiska ich pogrzebania: pola wydmore jako środowisko pogrzebania kości dinozaurów w formacji Djadokhta, a koryta rzeczne w formacji Nemegt

W odróżnieniu od formacji Nemegt formacje Barun Goyot i Djadokhta reprezentują osady eoliczne z nielicznymi efemerycznymi strumieniami i jeziorkami rozwiniętymi na zapleczu dużych pól wydmy. Zwłaszcza ta druga formacja zbudowana jest w większości z masywnych piaskowców z pospolitymi skamieniałymi otoczkami korzeni roślin oraz nor zwierzęcych. Wraz ze skorupami wapiennymi (kalkretami) świadczy to o epizodycznie wilgotnym klimacie i miejscami stałej pokrywie roślinnej, która stabilizowała wydmy. Większość skamieniałości kręgowców w formacji Djadokhta to stosunkowo kompletne i artykułowane szkielety w konkrejach piaskowcowych o spoiwie kalcytowym, bez kompaktacji (z wyjątkiem splekań). Szczególnie intrygujący jest niemal kompletny szkielet dinozaura parogatego z rodzaju *Protoceratops* z Toogreek, zachowany w pozycji spionizowanej, zinterpretowany jako szczątki zwierzęcia żywcem pogrzebanego w trakcie burzy piaskowej. Sławę zyskały zachowane razem szkielety dinozaurów *Protoceratops* i *Velociraptor*, które zginęły splecione w śmiertelnej walce. Większość badaczy uważa, że przyczyną śmierci i natychmiastowego pogrzebania dinozaurów były burze piaskowe albo lawiny błotne wywołane przez intensywne epizodyczne deszcze. Pogrzebane w ten sposób kości mają doskonale zachowaną mikrostrukturę z pustymi jamkami i kanałkami kostnymi. W nielicznych przypadkach próżnie po naczyniach krwionośnych (kanały Haversa) są wypełnione kalcytem i barytem. Podczas gwałtownego pogrzebania kości często pękały, wskutek czego do jam szpikowych dostawał się otaczający je osad.

Badania sedymentologiczne oraz analizy składu izotopowego tlenu ze szkliwa zębów dinozaurów oraz skorupki ich jaj sugerują że w Mongolii pod koniec kredy panował kontynentalny sezonowy klimat z suchymi i zimnymi zimami oraz gorącymi, niekiedy wilgotnymi latami. Obecnie w Mongolii istnieje szereg basenów sedymentacyjnych oddzielonych od siebie górami zrębowymi, jednak w kredzie był to jeden wielki basen we wnętrzu kontynentu, ograniczony od północy pasmami górskimi powstałymi w wyniku jurajskiej kolizji kontynentu Angary i kontynentu Północnochińskiego. Opady monsunowe w górach zasilają rzeki, które spływały do suchego basenu mon-

golskiego, gdzie gubiły swe wody na terenach pustynnych. Stan zachowania dinozaurów w mongolskich formacjach można wytłumaczyć za pomocą modelu Tomasza Jerzykiewicza, według którego obszar dzisiejszej południowej Mongolii stanowił pod koniec kredy odpowiednik dzisiejszej kotliny Okawango w Afryce. Formacja Nemegt z rozwiniętą siecią rzeczną odpowiadałaby dzisiejszej rozległej oazie Okawango, zaś formacje Barun Goyot i Djadokhta otaczającym ją suchym obszarom z rozwiniętymi polami wydmy. Pojawiające się raz na kilkanaście lat zaburzenia w cyklu monsunowym mogły powodować katastrofalne susze związane z niskim poziomem i lokalnym wysychaniem rzek, przyczyniając się do wysokiej śmiertelności żyjących tam dinozaurów. Nadejście nawałnic spóźnionej pory deszczowej powodowało gwałtowny przybór wód rzecznych. Powodzie niosły ze sobą dużo osadu, który grzebał ciała padłych z głodu zwierząt gromadzących się w czasie suszy wokół źródeł wody. Te same deszcze powodowały na polach wydmy spływy błotne, które stawały się śmiertelną pułapką dla żyjących tam zwierząt.

Literatura

- Behrensmeyer, A.K. 1988. Vertebrate preservation in fluvial channels. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 63, 183–199.
- Boskey, A.L. 2007. Mineralization of bones and teeth. *Elements* 3, 387–393.
- Briggs D.E.G. 1995. Experimental taphonomy. *Palaios* 10, 539–550.
- Carpenter, K. 1999. Role of bacteria in the permineralization of bone: Experimental results. *Journal of Vertebrate Paleontology Abstracts* 19, 36.
- Carter, D.O., Yellowless, D., & Tibbett M. 2007. Cadaver decomposition in terrestrial Ecosystems. *Naturwissenschaften* 94, 12–24.
- Cornfield, T.F. 1973. Elephant mortality in Tsavo National Park, Kenya. *East African Wildlife Journal* 11, 339–368.
- Daniel, J.C. & Chin, K. 2010. The role of bacterially mediated precipitation in the permineralisation of bone. *Palaios* 25, 507–516.
- Ehrlich, H.L. 1995. Geomicrobial processes: A physiological and biochemical overview. In: H.L. Ehrlich (ed.), *Geomicrobiology*, 108–142. Marcel Dekker Inc., New York.
- Fastovsky, D.E., Badamgarav, D., Ishimoto, H., Watabe, M., & Weishampel, D.B. 1997. The paleoenvironments of Tugrikin-Shireh (Gobi Desert, Mongolia) and aspects of the taphonomy and paleoecology of *Protoceratops* (Dinosauria: Ornithischia). *Palaios* 12, 59–70.
- Gadd, G.M. 2010. Metals, minerals and microbes: Geomicrobiology and bioremediation. *Microbiology* 156, 609–643.

- Gradziński, R. 1970. Sedimentation of dinosaur-bearing Upper Cretaceous deposits of the Nemegt Basin, Gobi Desert. *Palaeontologia Polonica* 21, 147–229.
- Gradziński, R. & Jerzykiewicz, T. 1974. Dinosaur-and mammal-bearing aeolian and associated deposits of the Upper Cretaceous in the Gobi Desert (Mongolia). *Sedimentary Geology* 12, 249–27.
- Gradziński R., Kielan-Jaworowska, Z., & Maryńska, T. 1977. Upper Cretaceous Djadohta, Barun Goyot and Nemegt Formations of Mongolia, including remarks on previous subdivisions. *Acta Geologica Polonica* 27, 281–318.
- Herwartz, D., Tütken, T.C., Jochum, K.P., Stoll, B., & Sander, P.M. 2013. Rare earth element systematics of fossil bone revealed by LA-ICPMS analysis. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 103, 161–183.
- Hillman, J.C. & Hillman, A.K.K. 1977. Mortality of wildlife in Nairobi National Park during the drought of 1973–1974. *East African Wildlife Journal* 15, 1–18.
- Jans, M.M.E. 2008. Microbial bioerosion of bone — a review. In: M. Wisshak & L. Tapanila (eds), *Current Developments in Bioerosion*, 397–413. Springer, Berlin.
- Jaworowski, Z. & Peńsko, J. 1967. Unusually radioactive fossil bones from Mongolia. *Nature* 214, 161–162.
- Jerzykiewicz, T. & Russell, D.A. 1991. Late Mesozoic stratigraphy and vertebrates of the Gobi Basin. *Cretaceous Research* 12, 345–377.
- Jerzykiewicz, T. 1998. Okavango Oasis, Kalahari Desert: a contemporary analogue for the Late Cretaceous vertebrate habitat of the Gobi Basin, Mongolia. *Geoscience Canada* 25, 15–26.
- Kaye, T.G., Gaugler, G., & Sawłowicz, Z. 2008. Dinosaurian soft tissues interpreted as bacterial biofilms. *PLoS ONE* 3 (7): e2808.
- Kremer, B., Owocki, K., Królikowska, A., Wrzosek, B., & Kaźmierczak, J. 2012. Mineral microbial structures in a bone of the Late Cretaceous dinosaur *Saurolophus angustirostris* from the Gobi Desert, Mongolia — a Raman spectroscopy study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 51, 358–360.
- Lefeld, J. 1971. Geology of the Djadokhta formation at Bayn Dzak (Mongolia). *Palaeontologia Polonica* 25, 101–127.
- Loope, D.B., Mason, J.A., & Dingus, L. 1999. Lethal sandslides from eolian dunes. *Journal of Geology* 107, 707–713.
- Łoziński, J. 1973. Pierwiastki ziem rzadkich w kościach kopalnych. *Roczniki Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 43, 407–437.
- Mustoe, G.E. 1981. Bacterial oxidation of manganese and iron in a modern cold spring. *Geological Society of America Bulletin* 92, 147–153.
- Owocki, K., Kremer, B., Wrzosek, B., Królikowska, A., & Kaźmierczak, J. 2016. Fungal ferromanganese mineralisation in Cretaceous dinosaur bones from the Gobi Desert, Mongolia. *PLoS ONE* 11 (2): e0146293.
- Pawlicki, R., Korbel, A., & Kubiak, H. 1966. Cells, collagen fibrils and vessels in dinosaur bone. *Nature* 211, 655–657.
- Pfretzschner, H.-U. 2004. Fossilization of Haversian bone in aquatic environments. *Comptes Rendus Palevol* 3, 3605–3616.
- Pfretzschner, H.-U. 2006. Collagen gelatinization: the key to understand early bone-diagenesis. *Palaeontographica A* 278, 135–148.
- Samoilov, V.S., Benjamini, C., & Smirnova, E.V. 2001. Early diagenetic stabilization of trace elements in reptile bone remains as an indicator of Maastrichtian–Late Paleocene climatic changes: evidence from the Naran Bulak locality, the Gobi Desert (South Mongolia). *Sedimentary Geology* 143, 15–39.
- Trueman, C.N., 1999. Rare earth element geochemistry and taphonomy of terrestrial vertebrate assemblages. *Palaaios* 14, 555–568.
- Trueman, C.N., Behrensmeier, A.K., Potts, R., & Tuross, N. 2006. High-resolution records of location and stratigraphic provenance from the rare earth element composition of fossil bones. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70, 4343–4355.

Czy dinozaury spasały podwodne łąki ramienic?

Maria ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO

W podręczniku paleobotaniki wydanym w 1962 roku Mikołaj Kostyniuk, profesor Wydziału Geologii UW, który w latach 1954–1976 wykładał paleobotanikę dla studentów geologii i paleontologii, napisał: „...dinozaury spasały podwodne łąki ramienic”. Być może zdanie to, usłyszane lub przeczytane w czasie studiów, zapamiętali uczestnicy polsko-mongolskich wypraw paleontologicznych do Mongolii (lata 1963–1971). Eksplorując skały ze szkieletami dinozaurów przywieźli do Polski również próbki nadające się do poszukiwań pozostałości owych „łąk ramienic”. Wprawdzie zdanie w podręczniku dotyczyło dinozaurów jurajskich, ale było prawdopodobne, że młodsze, kredowe dinozaury, też nie gardziły ramienicowym przysmakiem.

Ramienice są glonami osiadłymi, zakotwiczonymi w podłożu za pomocą chwytników. Skład gatunkowy zespołu tworzącego podwodną łąkę ramienicową zależy od jakości podłoża, głębokości wody i intensywności światła. Według fitosocjologicznej interpretacji przedstawionej w 1996 roku w podręczniku Z. Podbielkowskiego i H.

Tomaszewicza zespoły ramienicy omszonej – *Charetum tomentosae* – mają postać łąk podwodnych, które rozwijają się w jeziorach zarówno na podłożu mineralnym, jak i organicznym, w wodzie o odczynie zasadowym i na głębokości od 2,5 do 7,0 m. Stanowiska takie są powszechne w jeziorach północno-wschodniej Polski.

Dzisiejsze ramienice (rodzina Characeae) stanowią dość szczególną grupą roślin plechowych, gdyż pokrojem przypominają rośliny naczyniowe, a najbardziej podobne są do skrzypów. Wielokomórkowa członowana „łodyga”, czyli oś plechy, jest silnie rozgałęziona i dochodzi nawet do 1 m długości. Zbudowana jest z długich komórek międzywęzli i drobnych komórek węzłów, z których wyrastają boczne odgałęzienia, nibyliście i organy rozmnażania.

Sposób rozmnażania ramienic też nie jest typowy dla glonów. Wytwarzają one lęgnię (przetrwalnikowe oospory) złożone z pojedynczej komórki jajowej otoczonej przez spiralnie skręcone komórki okorowania. Plemniki z dwoma wiciami tworzą się w kulistych plemniostanach, złożonych z 8 tarczek. Po okresie dojrzewania plemniki przepływają do lęgni. Po zapłod-

Łąka ramienicowa

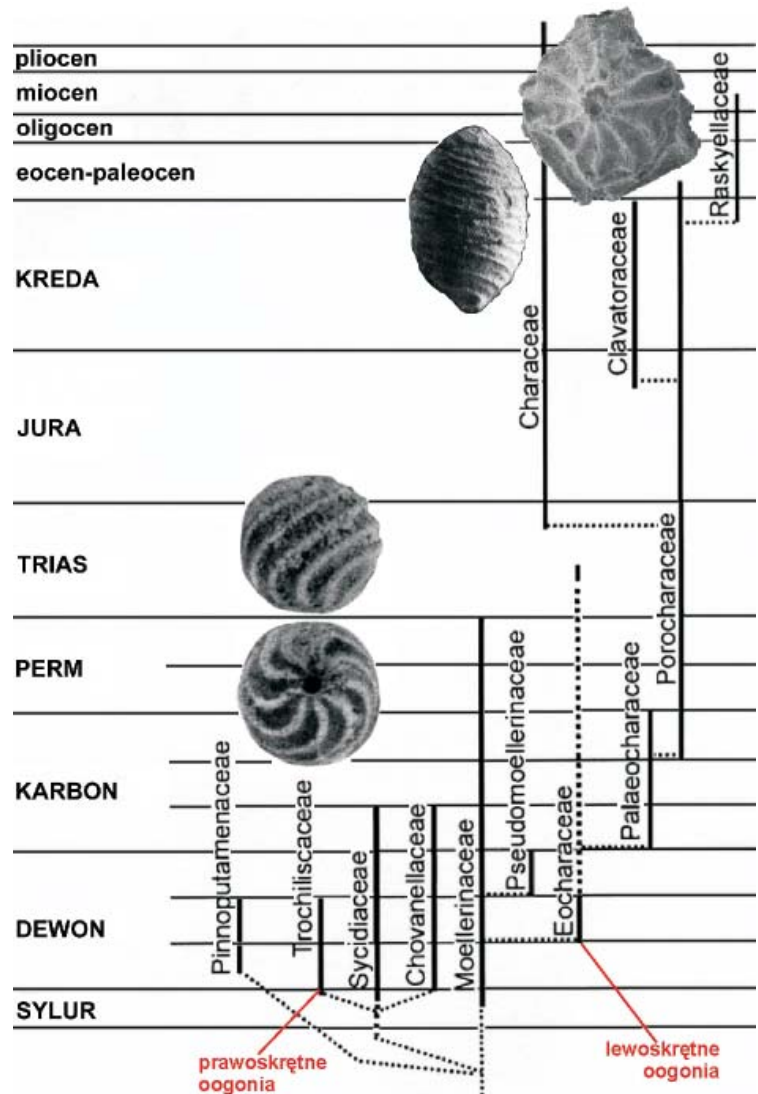


nieniu komórki jajowej komórki okorowania otaczające oosporę najczęściej wapnieją. Często wapnieniu ulegają również komórki „łodyg”. Wapnienie plechy i żeńskich organów rozmnażania wpływa dodatnio na potencjał fosylizacyjny tych organizmów, bo ich zwapniałe fragmenty mają dużą szansę na przetrwanie w stanie kopalnym.

Kopalne ramienice znane są prawie wyłącznie jako zwapniałe łęgny w postaci małych kulek do 2 mm wielkości, które w literaturze są określane jako gyrogonity albo oogonia. Na ich podstawie nie możemy wiele powiedzieć o zmianach morfologii całych roślin w przeszłości. Siłą rzeczy badania ograniczamy więc jedynie do żeńskich organów rozmnażania. Są to jednak te części roślin, które szybko reagują na zmiany i w których zapisane są wszelkie nowości rozwojowe. A w morfologii zwapniałych łęgni od czasu ich pojawienia się w późnym sylurze wiele się zmieniło. Najstarsze ramienice klasyfikowane są w trzech rodzinach: Sycidiaceae, Chovanellaceae i Trochiliscaceae. Liczba komórek okorowania ich łęgni wahała się od 8 do 20. U sycydów przebiegały one prosto i równoległe do dłuższej osi oospory, natomiast u chovanelli i trochilisków oplatały łęgny śrubowato, skręcając się z lewa na prawo. W Polsce Grzegorz Racki w 1982 roku opisał łęgny *Sycidium* i *Trochiliscus* z morskich utworów środkowego dewonu.

Dewon i karbon były okresami, w których nastąpiło różnicowanie ramienic, wyrażone w powstaniu skrajnie różnych morfologicznie gyrogonitów. Na ich podstawie wyróżnia się aż dziewięć rodzin paleozoicznych. Ważną zmianą morfologiczną w tym czasie była redukcja ilości nici okorowania do pięciu u Porocharaceae oraz zmiana kierunku skręcenia komórek w lewą stronę u Eocharaceae. U wszystkich ramienic paleozoicznych szczytowe części łęgni nie były całkowicie zwapniałe, pozostawiając otwór ułatwiający kiełkowanie zygoty. W paleozoiku ramienice były pospolitymi składnikami różnych, bogatych w węglan wapnia środowisk wodnych. Znajdowano je zarówno w osadach wód słodkich, jak i morskich.

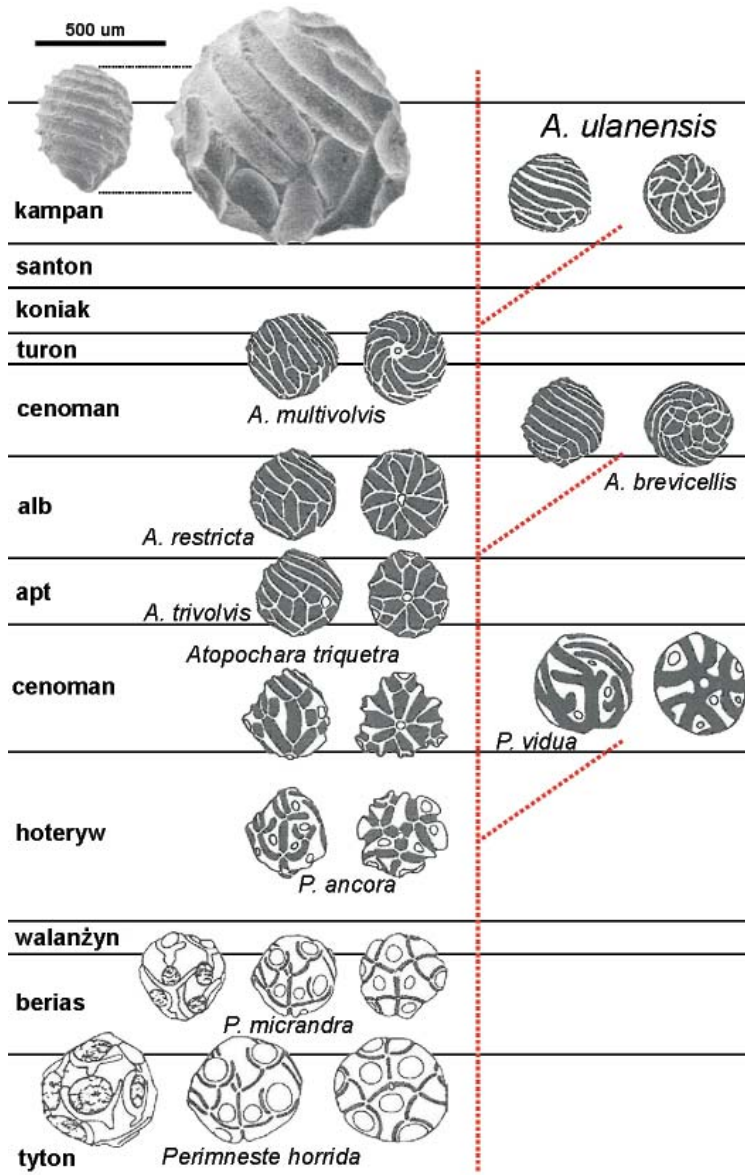
W mezozoiku ramienice były związane głównie ze środowiskiem wód słodkich i znajdowane są w osadach zbiorników śródlądowych o dużej zawartości węglanów. Często towarzyszą kościom dinozaurów.



Wyrazistość cech morfologicznych gyrogonitów w mezozoiku znacznie się zmniejszyła w stosunku do paleozoicznych – na ich podstawie wyróżniono tylko cztery rodziny, z których tylko jedna (Characeae) przeżyła do dzisiaj. Poczynając od późnej jury wzrosła natomiast różnorodność drobniejszych cech, co pozwoliło na wyróżnienie wielu rodzajów i gatunków. Dzięki szybkiej zmianie cech budowy, ramienice są ważnym wskaźnikiem biostratygraficznym dla mezozoicznych osadów lądowych. Dzięki nim można korelować różne stanowiska i określić ich wiek.

Śródlądowe środowiska słodkowodne dogodne dla ramienic były powszechne we wczesnej kredzie i związane z wilgotnym klimatem i niskim poziomem morza. Szczególnie na terenie północnych Chin istniało w tym czasie wiele słodkowodnych basenów. Większość to jeziora i rozlewiska,

Zasięgi stratygraficzne kopalnych rodzin ramienic i przypuszczalne powiązania filogenetyczne pomiędzy nimi (wg Feist et al. 2005)



Ewolucja rodziny Clavatoraceae (wg Feist & Wang 1995 i Feist et al. 2005); u góry wypreparowany gyrogonit z rodzaju *Atopochara* i jego osłonka ze zwapniałych komórek plechy (wg Alba & Martin-Closas 2013)

w których słodkowodne glony zdominowane były przez ramienice. Powszechność środowisk słodkowodnych we wczesnej kredzie miała niewątpliwie wpływ na różnicowanie ramienic. Prawdopodobnie poziom wody w zamieszkiwanych przez ramienice zbiornikach zmieniał się cyklicznie. Następowaly częste okresy przesuszenia i dlatego niezbędne było zabezpieczenie oogonium przed utratą wody z zawartej w nim zygoty.

Środowiska słodkowodne późnej kredy były rzadsze od wczesnokredowych. Nastąpiło wówczas ogólne podniesienie poziomu mórz i zmniejszyła się liczba basenów śródlądowych. Pustynia Gobi w Mongolii, obszary Mongolii Wewnętrznej oraz północno-wschodnich Chin to najlepiej znane stanowiska tego typu.

Ramienice i kości pra-dinozaurów

Przykładu powiązań ramienic z dinozaurami dostarczają znaleziska z Krasiejowa koło Opola, gdzie w węglanowych ilach późnego triasu masowo występują gyrogonity ramienic. Pochodzą one z tych samych warstw, w których znaleziono kości pra-dinozaurów. Pisał o tym entuzjastycznie Jerzy Dzik w popularnym artykule ogłaszającym odkrycie: „jeśli przepłukać wodą il z Krasiejowa, na sicie pozostają tysiące wapiennych kulek wielkości ziarna maku z widocznymi na powierzchni spiralnie biegnącymi żeberkami”. Magistrawka na Wydziale Geologii Uniwersytetu Warszawskiego Elwira Gryglas w 1999 roku podjęła próbę zaklasyfikowania tych gyrogonitów do gatunków ramienic.

Szczególnie „zasłużona” na polu szczegółowego określenia wieku, ale tylko dla osadów kredowych, jest rodzina Clavatoraceae, której lęgni oprócz normalnie wykształconych pięciu komórek okorowania miały na zewnątrz zwapniałe fragmenty plechy w postaci łagiewek. Były one w przeróżny sposób zrosnięte ze sobą i tworzyły wokół oogonium dodatkowy wapienny pancerzyk (*utricle*), który przypomina nieco zakończenie maczugi (*clava*). Stąd wywodzi się nazwa typowego rodzaju tej rodziny.

Trudno wyliczyć stanowiska na świecie, w których w towarzystwie kości dinozaurów zostały znalezione ramienice. Dzięki swej różnorodności i szybkim zmianom ewolucyjnym miały one istotne znaczenie przy ustalaniu wieku osadów lądowych, pozbawionych innych skamieniałości przewodnich oraz przy rekonstrukcji środowiska. Ponadto współwystępowanie bardzo licznych gyrogonitów i kości potwierdza tezę Mikołaja Kostyniuka, że łąki ramienicowe mogły być źródłem pokarmu dla roślinożernych dinozaurów.

Ramienice z mongolskiego cmentarzyska dinozaurów

W latach 1963–1971 polska paleontologia przeżywała czas wielkich odkryć. Sławę przyniosły Polsko-Mongolskie Wyprawy Paleontologiczne na pustynię Gobi – do Kotliny Nemegt. Wyprawy zorganizowała i kierowała nimi prof. Zofia Kielan-Jaworowska. Ta wielkiej kultury uczona

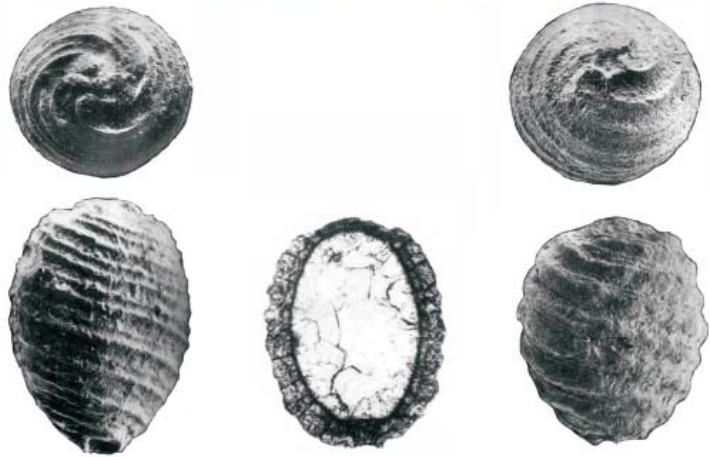
dbała nie tylko o wysoki poziom naukowy, ale też o wyjątkowy nastrój i przyjaźń między uczestnikami wypraw.

Oczywiście najbardziej spektakularne były bogate znaleziska kości dinozaurów, a naukowo najważniejsze – odkrycia szkieletów i czaszek drobnych ssaków. O opracowanie innych skamieniałości, które towarzyszyły kościom kręgowców zadbała prof. Kielan-Jaworowska, podsumowując je w 2004 roku w artykule na 30-lecie polskich prac na pustyni Gobi.

Skały, w których znajdują się szkielety, robią wielkie wrażenie. Są to czerwone budowle o najprzeróżniejszych kształtach, otaczające głęboko wcięte wąwozy. Skały są poziomo warstwowane i widać w nich wielokrotnie powtarzające się cykle sedimentacyjne – od grubszych piaskowców po osady mułkowate.

Z profilów litologicznych pobrano także próbki mikropaleontologiczne do badań kopalnych organizmów, które zachowały się w najdrobniejszej frakcji osadu. Znalezione w nich gyrogonity (oogonia) ramienic okazały się bardzo przydatne do odtworzenia warunków w jakich żyły zwierzęta, których kości były głównym celem wypraw. Opracowałam je wspólnie z Jadwigą Karczewską publikując wyniki badań w latach 1970, 1981 i 1983. Z tych samych utworów skalnych Janina Szczechura opisała słodkowodne małżoraczki. Również Rosjanie w odsłonięciach na pustyni Gobi w okolicy Naran Bułak znaleźli gyrogonity, które równolegle opracowała w 1975 roku N.P. Kyansep-Romashkina. Późniejsze chińskie wyprawy poszukujące skamieniałości dinozaurów w Mongolii Wewnętrznej natrafiły również na skamieniałości ramienic. Wszystkie te stanowiska zostały datowane na późną kredę.

Oogonia znalezione w późnokredowych osadach Pustyni Gobi są zróżnicowane taksonomicznie. Z samej Kotliny Nemegt udało się oznaczyć 34 gatunki oogoniów zaklasyfikowane do 16 rodzajów. Najciekawsza w tym zespole jest *Atopochara ulanensis* należąca do rodziny Clavatoraceae. Jest to ostatni gatunek linii rozwojowej Clavatoraceae, który żył w późnej kredzie. Został rozpoznany we wszystkich stanowiskach azjatyckich tego wieku ale nie jest znany poza tym obszarem. Jego obecność pozwala z dużym prawdopodobieństwem



ocenić wiek utworów z dinozaurami na późny kampan – mastrycht.

Ze skał na pustyni Gobi opisano też nowy rodzaj oogoniów *Mongolichara* o nazwie nawiązującej do geograficznego pochodzenia. Najważniejszą cechą tego rodzaju jest budowa ścianki, która w części szczytowej oogonium jest wprawdzie zwapniała, ale znacznie cieńsza niż poniżej. Wydaje się, że jest to oznaka bliskiego pokrewieństwa z rodzajem *Porochara*, wymarłym we wczesnej kredzie, u którego ta część ścianki nie była zwapniała pozostawiając otwór.

Podsumowanie

Ramienice są słodkowodnymi lub brakicznymi glonami plechowymi przypominającymi pokrojem skrzypy. Jeziora o wodach bogatych w jony wapniowe są często zarastane przez ramienice tworzące podwodne „łąki”. W przeszłości, np. w triasie, jurze czy kredzie, podobne „łąki” mogły służyć

Gyrogonity różnych gatunków ramienic w próbce ze skał formacji Nemegt oraz gyrogonity Mongolichara turnaui Karczewska & Ziemińska-Tworzydło, 1981 i M. grovesioides Karczewska & Ziemińska-Tworzydło, 1981 na zdjęciach z mikroskopu elektronowego (SEM) oraz w podłużnym przekroju w mikroskopie świetlnym



O słonka oogonium Atopochara ulanensis
 Kyansep-Romaschkina, 1975
 z formacji Nemegt w widoku
 bocznym i od strony bazalnej,
 zdjęcie SEM

jako bogate źródło pokarmu dla zwierząt lądowych. O ich powszechności świadczą skamieniałe zwapniałe żeńskie organy rozmnażania (oogonia) ramienic, które od triasu często towarzyszą znaleziskom kości zwierząt lądowych. W Polsce znaleziono je w Krasiejowie wraz ze szczątkami triasowych pra-dinozaurów i innych kręgowców. Odkryto je również w Mongolii, na pustyni Gobi, w tych samych utworach górnej kredy, w których wydobywano kości dinozaurów.

Z badań oogoniów ramienic z późnej kredy kotliny Nemegt na Gobi wynika, że tworzyły one zespół gatunków porównywalny z zespołami z Mongolii Wewnętrznej i Chin. Jest podobnego wieku, a obecność w tych zespołach gatunku *Atopochara ulanensis* wskazuje na zbliżony wiek osadów zawierających kości kręgowców. Oogonia są liczne i zróżnicowane w osadach z doliny Nemegt, co wskazuje, że zbiorowiska w których żyły rośliny macierzyste były bogate gatunkowo. Dziś takie zespoły ramienic produkują dużo biomasy. Zespoły kopalne mogły więc zaspokoić, przynajmniej w znacznym stopniu, apetyt roślinożerców. Warunki, jakich wymagały do życia kredowe ramienice, nie różniły się chyba od tych wymaganych przez formy dzisiejsze, które występują głównie w wodach stojących. Preferują one zbiorniki niezbyt głębokie, czyste i dobrze oświetlone, z obecnością jonów wapnia. Niektóre gatunki występują w zbiornikach okresowo wysychających lub przy brzegach o zmiennym poziomie wody. Okresy niekorzystne przeżywiają w postaci oogoniów, przeważa wtedy rozmnażanie płciowe. W stałych optymalnych warunkach ramienice rozmnażają się głównie wegetatywnie. Najprawdopodobniej wody, w których żyły mongolskie kredowe ramienice, charakteryzowały się zmienną dynamiką oraz stosunkowo często wysychały. Przypuszczalnie nie brakowało im związków wapnia, bo ścianki oogoniów są mocno zwapniałe.

Literatura

Alba, V. & Martin Closas, C. 2013. Lower Cretaceous charophytes from the Serrania de Cuenca, Iberian chain: Taxonomy, biostratigraphy and palaeoecology. *Cretaceous Research* 40, 227–242.
 Bociąg, K. & Rekowska, E. 2012. Are stoneworts (*Characeae*) clonal plants? *Aquatic Botany* 100, 25–34.
 Dzik, J. 2000. Cement z dinozaurów. *Magazyn Gazety Wyborczej* 10 lutego 2000.

Dzik, J., Sulej, T., Kaim, A., & Niedzwiedzki, R. 2000. Późnotriasowe cementarzysko kręgowców lądowych w Krasiejowie na Śląsku Opolskim. *Przegląd Geologiczny* 48, 226–235.
 Dzik, J. 2003. Krasiejów – u zarania ery dinozaurów. *Ewolucja* 1, 2–3.
 Feist, M., Grambast-Fessard, N., Guerlesquin, M., Karol, K., Lu, H., McCourt, R.M., Wang, Q., & Shenzen, Z. 2005. Part B, Protoctista 1, Volume 1: Charophyta. 1–170. In: R.L. Kaesler & M. Feist (eds), *Treatise on Invertebrate Paleontology*. The Geological Society of America and the University of Kansas, Lawrence.
 Feist, M. & Wang, Z. 1995. The species concept in Clavatoraceae (fossil Charophyta) reviewed. *Taxon* 44, 351–361.
 Gradziński, R., Kaźmierczak, J., & Lefeld, J. 1969. Geographical and geological data from the Polish-Mongolian Palaeontological Expeditions. *Palaeontologica Polonica* 19, 33–82.
 Gradziński, R. & Jerzykiewicz, T. 1972. Additional geographical and geological data from the Polish-Mongolian Palaeontological Expeditions. *Palaeontologica Polonica* 27, 17–30.
 Gryglas, E. 1999. *Ramienice a środowisko życia fitozaurów i metopozaurów z późnego triasu Śląska Opolskiego*. 72 pp. Praca magisterska wykonana w Zakładzie Paleontologii Uniwersytetu Warszawskiego.
 Karczevska, J. & Ziemińska-Tworzydło, M. 1970. Upper Cretaceous Charophyta from the Nemegt Basin, Gobi Desert. *Palaeontologica Polonica* 21, 121–144.
 Karczevska, J. & Ziemińska-Tworzydło, M. 1981. New Upper Cretaceous Charophyta from the Nemegt Basin, Gobi Desert. *Palaeontologica Polonica* 42, 97–146.
 Kesling, R.V. & Boneham, R.F. 1966. *Trochiliscus bellatus* Peck from the Middle Devonian Dundee limestone of Northwestern Ohio. *Contributions from the Museum of Paleontology the University of Michigan* 20, 179–194.
 Kielan-Jaworowska, Z. 2004. Pustynia Gobi po trzydziestu latach. *Ewolucja* 2, 2–11.
 Kyansep-Romaschkina, N.P. 1975. Некоторые позднемеловые харофиты Монголии. *Труды Совместной Советско-Монгольской Палеонтологической экспедиции* 2, 181–204.
 Martin-Closas, C. & Wang, Q. 2008. Historical biogeography of the lineage *Atopochara trivolvus* Peck 1941 (Cretaceous Charophyta). *Palaeogeography, Palaeolimnology, Palaeoecology* 385, 31–43.
 Podbielkowski, Z. & Tomaszewicz, H. 1996. *Zarys hydrobotaniki*. 531 pp. Wydawnictwo Naukowe PAN, Warszawa.
 Racki, G. 1982. Ecology of the primitive charophyte algae: A critical review. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 162, 388–399.
 Szafer, W. & Kostyniuk, M. 1962. *Paleobotanika*. 302 pp. PWN, Warszawa.
 Szczechura, J. 1978. Fresh-water ostracodes from the Nemegt Formation (Upper Cretaceous) of Mongolia. *Palaeontologica Polonica* 38, 65–121.
 Van Itterbeeck, J., Horne, D.J., Bultynck, P., & Vandenberghe, N. 2005. Stratigraphy and palaeoenvironment of the dinosaur-bearing Upper Cretaceous Iren Dabasu Formation, Inner Mongolia, People's Republic of China. *Cretaceous Research* 26, 699–725.

Spór o początki lotu owadów

Edwin SIEREDZIŃSKI

Lot owadów jest jednym z najbardziej zadziwiających zjawisk w świecie zwierząt. Jego mechanizmom poświęcono wiele prac, wiele jego aspektów pozostało jednak niewyjaśnionych – zarówno od strony biomechanicznej jak i fizjologicznej. Nie udało się również odpowiedzieć na pytanie jak owady uzyskały umiejętność aktywnego lotu. Jedną z hipotez przedstawiam poniżej.

Owady istnieją na Ziemi od ponad 410 milionów lat. Ich przodkowie wyszli na ląd zapewne wraz z prymitywnymi roślinami naczyniowymi podobnymi do *Rhynia gwynne-vaughani* czy *Aglaophyton major*; w tych samych warstwach znaleziono bowiem żuwaczki najstarszego znanego przedstawiciela tej gromady – *Rhyniognatha hirsti*. Prawdopodobnie był on bezskrzydły i naziemny. Owady jednakże zwykło się kojarzyć z aktywnym lotem. Ich zdolność do aktywnego lotu musiała się pojawić w trakcie kolejnych dziewięćdziesięciu milionów lat, jak tego dowodzą znaleziska najdawniejszych uskrzydłonych owadów.

Kluczowym problemem jest powstanie skrzydeł owadów. Są one niepodobne do innych organów ciała zwierząt. Dziś wiemy, że skrzydła zwierząt kręgowych powstawały z przekształcenia przednich kończyn, ale skrzydła owadów z krocznymi częściami ich odnóży związku nie mają. Zarówno owady pozbawione skrzydeł jak i uskrzydłone mają trzy takie same pary odnóży.

Początki lotu owadów są więc nierozłącznie związane z genezą ich skrzydeł. Podobnie jak w przypadku kręgowców, ogólne rozważania dotyczące początków skrzydła powiązane być muszą z dyskusją scenariusza początków lotu. Rozwój historyczny tej części ciała wymaga wyjaśnienia poprzez odtworzenie kierunku nacisku selekcyjnego, który doprowadził do jego ukształtowania. Przecież żaden organ nie powstaje w formie niefunkcjonalnej.

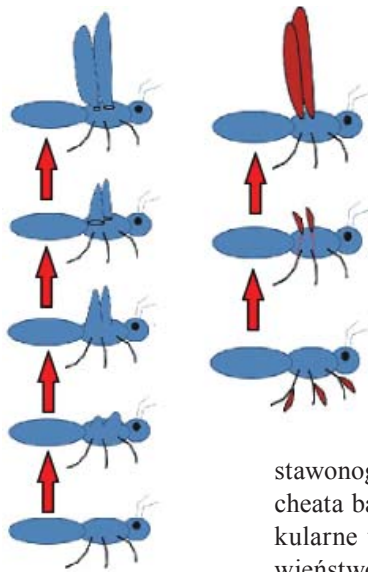
Dlatego w niniejszym artykule omówiona zostanie najpierw geneza zaczątków skrzydeł, a następnie ich przekształcenie w narząd służący do aktywnego lotu.

Skąd się wzięły skrzydła?

Zagadka pochodzenia skrzydeł jest intensywnie dyskutowana przez entomologów i paleontologów od ponad stu lat. Są dwie główne hipotezy, które powstały w zaledwie rocznym odstępie czasu; inne poglądy stanowią ich rozwinięcie.

W 1876 roku niemiecki zoolog Fritz Müller zaproponował hipotezę pochodzenia skrzydeł od wyrostków paranotalnych. Są to boczne płaty na segmentach tułowia larw pierwotnych owadów (nimf) morfologicznie podobne do bocznych płatów (pleur) segmentów odwłoka owadów oraz wielu pierwotnych stawonogów i prawdopodobnie seryjnie do nich homologiczne. Występują one także na przedpleczu u przerzutek (*Microcoryphia*), pierwotnych owadów zbliżonych wyglądem do rybików. Łagodzą ich opadanie po skoku w czasie ucieczki. Hipoteza Müllera została zmodyfikowana przez G.C. Cramptona w roku 1916. Pogląd ten bardzo długo wydawał się logiczny i kompletny, dominował zatem przez kilkadziesiąt lat wśród badaczy ewolucji owadów. Od początku był jednak podważany.

Bowiem już rok później niemiecki zoolog Karl Gegenbaur przyjrzał się skrzelołchawkom jętek (*Ephemeroptera*) – uskrzydłonych owadów wykazujących szereg pierwotnych cech – i uznał je (błędnie) za homologiczne do parapodiów wieloszczetów. Podobnie jak przerzutki czy rybiki, jętki mają na końcu odwłoka wydłużone *filum terminale* między parzystymi wyrostkami *cerci*. Swoiste dla nich jest występowanie uskrzydłonego stadium subimaginalnego, które dopiero po przeobrażeniu daje zdolnego do rozmnażania osobnika dojrzałego. Skrzelołchawki na odwłoku jętek przypominają w swoim ruchu i układzie żyłek owadzie skrzydła. Gegenbaur wywiódł zatem skrzydła z organów oddechowych larw. Skrzelołchawki są zmodyfikowanymi odnóżami odwłokowymi. Scenariusz ten odżył jako hipoteza skrzelowa bądź egzytalna. Fizjolog owadów Vincent Wigglesworth oraz kanadyjska paleontolog pochodzenia czeskiego Jarmila Kulalova-Peck twierdzili,



Schematy ilustrujące hipotezy pochodzenia skrzydeł owadów z wyrostków paranotalnych lub skrzelowych gałęzi (hipoteza egzytalna)

że skrzydła powstały ze skrzeli skorupiaków będących u niej górnymi elementami odnóży (epipoditami). Głównym argumentem wysuniętym przez tych badaczy przeciw teorii paranotalnej jest formowanie się skrzydła z zawiązków na boku ciała larwy i stosunkowo późna ich migracja na grzbietową stronę ciała.

Pojawiły się też nowe argumenty na wsparcie takiej interpretacji. Bardzo długo owady były wiązane z wijami w podtyp stawonogów, nazywanymi Atelocerata, Tracheata bądź Uniramia. Podobieństwa molekularne wskazały jednak na bliskie pokrewieństwo owadów ze skorupiakami (grupa Pancrustacea). Wije są natomiast blisko szczękoczułkowców. W bardziej szczegółowych molekularnych analizach filogenetycznych owady znajdują się blisko liścionogów – grupy obejmującej wiele skorupiaków planktonowych, w tym rozwielitki.

Pomoc dla zwolenników teorii pochodzenia skrzydeł od skrzeli przyszła z jeszcze innej strony. Chcąc dowieść homologicznego charakteru danych organów należy wykazać ciągłość przemian informacji określającej ich naturę. Tak więc dwa organy, od których oczekuje się wspólnego rodowodu, powinny wykazywać się zbliżonymi mechanizmami rozwoju. Zgodnie z oczekiwaniem, w płytkach imaginalnych skrzydeł owadów stwierdzono ekspresję genu *Distal-less*, który związany jest z kształtowaniem się odnóży u stawonogów. Ponadto w skrzelowej gałęzi odnóży odwłokowych rozwielitki *Daphnia* oraz w płytce imaginalnej, z której rozwijają się skrzydła muszki owocowej *Drosophila melanogaster* stwierdzono ekspresję genów *pdm/nubbin* i *apterous*. W rozwoju larw muchówek, np. komarnicy *Tipula saginata* czy nasionnicy *Dacus tryoni*, bardzo długo utrzymuje się połączenie płytek imaginalnych dających odnóży i skrzydła osobnika dojrzałego. Dane te potwierdzają wyprowadzanie skrzydeł z tworów zbliżonych do skrzeli. Wymaga to jednak migracji tego organu z odnóży kroczonego na górną powierzchnię tułowia. Co więcej, mięśnie poruszające skrzydłami unerwiane są z odwłoka. Czyżby oznaczało to, że skrzydła powstały ze skrzeli odwłokowych przemieszczonych do tułowia? Jest to nieprawdopo-

dobne, więc wielu badaczy pozostało przy hipotezie wyrostka paranotalnego.

Dane te są rzeczywiście dyskusyjne. Po pierwsze, przebieg rozwoju owadów jest bardzo rozmaity i trudno wskazać stan pierwotny. Na przykład, tak u *Drosophila* jak pszczoły miodnej (*Apis mellifera*) czy pasożytniczej osy *Haplobracon juglandis*, komórki budujące tarczki imaginalne dla odnóży i skrzydeł ulegają rozdzieleniu już na wczesnym etapie blastodermy syncytialnej, kiedy zarodek jest jedną komórką z kilkudziesięcioma jądrami. Ponadto, niehomologiczne narządy mogą powstawać przez wykorzystywanie podobnych kombinacji genów powstałych w całkiem odmiennym kontekście ewolucyjnym. To efekt *bricolage* zaproponowany niegdyś przez francuskiego biochemika François Jacoba. Jeśli organizmy dysponują zbliżonymi układami genów, powstają podobne mechanizmy w rozwoju ich struktur anatomicznych. Przykładem są kończyny kręgowców oraz odnóży stawonogów – obydwa wykazują się ekspresją *Distal-less*. Z kolei w skrzelach lasonózka *Mysidium columbiae* nie stwierdzono spodziewanej ekspresji genu *wingless*, choć została ona wykryta u takich liścionogów jak *Triops longicaudatus* czy *Artemia franciscana*.

Jeśli przyjąć takie wyjaśnienie pochodzenia skrzydła pojawia się problem, jak owady wzniosły się w powietrze bezpośrednio z toni wodnej.

Jak owady zaczęły latać?

W odniesieniu do genezy lotu ptaków, powszechnie przyjęta jest hipoteza arborealna wywodząca aktywny lot z szybowania między drzewami. Znalazła ona potwierdzenie w znaleziskach kopalnych form pośrednich o wyglądzie hipotetycznego szybującego przodka „Tetrapteryx”. Z szybowcowym pochodzeniem lotu powiązana jest też hipoteza wyrostka paranotalnego. Natomiast hipoteza skrzelowa poszukuje funkcjonalnego uzasadnienia w sposobach lokomocji owadów związanych ze środowiskiem wodnym w stadiach dojrzałych.

Jętki (Ephemeroptera) czy widelnice (Plecoptera), a także morskie ochotki (Chironomidae) potrafią poruszać się po błonie powierzchniowej wody z użyciem skrzydeł. James Marden, amerykański badacz lotu owadów oraz jego ewolucji, nazwał to *surface skimming*, co można przetłumaczyć jako

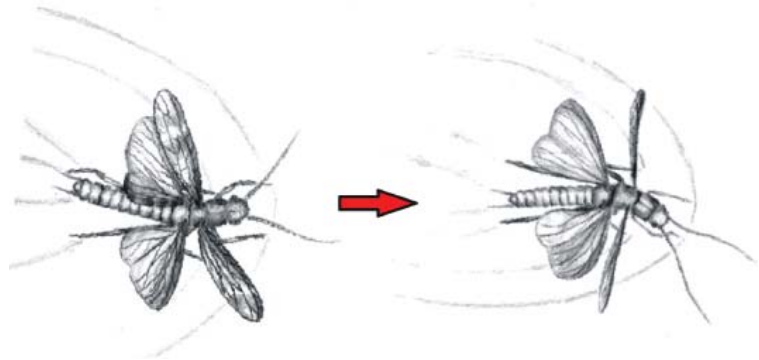
powierzchniowe szybowanie. Owad nie zapada się w wodę dzięki napięciu powierzchniowemu. Może się odepchnąć od błonki tworzącej się na granicy faz i przemieścić się na pewien dystans. Wykorzystywana jest w tym wypadku cała maszyna potrzebna do lotu trzepoczącego. Mogły się w ten sposób rozwinąć takie funkcje związane z lotem, jak kontrola napięcia mięśni i powiązane z tym proprioreceptory (w ciele ssaków taką funkcję pełnią chociażby ciała Golgiego w ścięgnach i komórki wrzecionowate w mięśniach), tak aby określić częstość impulsów nerwowych. Z czasem mógł powstać asynchroniczny mechanizm skurczu mięśni – przy jednym impulsie przypadającym nawet na kilkaset skurczów – konieczny do lotu aktywnego. Owady wykorzystujące ślizganie się po powierzchni wody nie są jednak pierwotne. Zarówno jętki jak widelnice związały się ze środowiskiem wodnym dopiero w erze mezozoicznej.

Poruszanie się po błonce powierzchniowej wody wykorzystują też widelnice niezdolne do lotu o mocno zredukowanych skrzydłach, jak *Capnia nana*, *Allocapnia vivipara* czy przedstawiciele rodziny Austroperlidae. Nie trzeba zatem mieć wielkich skrzydeł i bardzo rozwiniętych mięśni, żeby korzystać z tego sposobu lokomocji. Można by zatem na podstawie tych przykładów zachowania odtworzyć ewolucję od pływania czy ślizgania się po powierzchni wody do lotu trzepoczącego. Jednak dla oponentów częsta bezskrzydłość może być argumentem na rzecz wtórności takiego mechanizmu lokomocji.

Model ten ma też podstawową wadę – przypomina hipotezę kursorialną pochodzenia lotu ptaków, którą swego czasu lansował John Ostrom. W obydwu przypadkach mamy do czynienia ze startem z płaskiej powierzchni, a nie opadającym lotem szybowcowym, jak zakłada większość scenariuszy genezy lotu. W przypadku ewolucji ptaków pomysł ten okazał się błędny i wręcz absurdalny z aerodynamicznego punktu widzenia.

Podsumowanie

Koncepcja skrzelowego pochodzenia skrzydeł owadów i ich bezpośredniego pochodzenia od skorupiaków liścionogich prowadzi do następującego scenariusza ewolucyjnego: ewolucja owadów musiała rozpocząć się w środowisku wodnym od stawonogów



Powierzchniowe ślizganie się widelnicy (na podstawie Marden et al. 2000)

przypominających swoim wyglądem liścionogi. Skrzydło powstało z narządu zbliżonego do skrzela, pierwotnie umieszczonego w odnóżu na tyle ciała, który następnie przemieścił się na tułów. Świadczą o tym dane rozwojowe oraz neurofizjologiczne. Początkowo było wykorzystywane do odbijania się od powierzchni wody, co umożliwiało ślizganie się po błonce powierzchniowej. Z czasem rozwinęły się inne typy lokomocji, zatem skrzydła musiały ulec powiększeniu, a ich umięśnienie musiało zostać wzmocnione oraz wykształcił się asynchroniczny mechanizm skurczu.

Literatura

- Averof, M. & Cohen, S.M. 1997. Evolutionary origin of insect wings from ancestral gills. *Nature* 385, 627–630.
- Damen, W.G., Saridaki, T., & Averof, M. 2002. Diverse adaptations of an ancestral gill: a common evolutionary origin for wings, breathing organs, and spinnerets. *Current Biology* 12, 1711–1716.
- Grimaldi, D. & Engel, M.S. 2005. *Evolution of the Insects*. 119 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hasenfuss, I. 2008. The evolutionary pathway to insect flight — a tentative reconstruction. *Arthropod Systematics & Phylogeny* 66, 19–35.
- Jockusch, E.L. & Ober, K.A. 2004. Hypothesis testing in evolutionary developmental biology: a case study from insect wings. *Journal of Heredity* 95, 382–96.
- Kukalova-Peck, J. 1983. Origin of the insect wing and wing articulation from the arthropodan leg. *Canadian Journal of Zoology* 61, 1618–1669.
- Kukalová-Peck, J. 2009. Carboniferous protodonatoid dragonfly nymphs and the synapomorphies of Odonoptera and Ephemeroptera (Insecta: Palaeoptera). *Palaeodiversity* 2, 169–198.
- Marden, J.H. & Kramer, M.G. 1995. Locomotor performance of insects with rudimentary wings. *Nature* 377, 332–334.
- Marden, J.H. & Kramer, M.G. 1994. Surface skimming stoneflies: a possible intermediate stage in insect flight evolution. *Science* 266, 427–430.
- Misof, B., Liu, S., Meusemann, K., Peters, R.S., Donath, A., Mayer, C., Frandsen, P.B., Ware, J., Flouri, T., Beutel, R.G., Niehuis, O., Petersen, M., Izquierdo-Carrasco, F., Wappler, T., Rust, J., Aberer,

- A.J., Aspöck, U., Aspöck, H., Bartel, D., Blanke, A., Berger, S., Böhm, A., Buckley, T.R., Calcott, B., Chen, J., Friedrich, F., Fukui, M., Fujita, M., Greve, C., Grobe, P., Gu, S., Huang, Y., Jermin, L.S., Kawahara, A.Y., Krogmann, L., Kubiak, M., Lanfear, R., Letsch, H., Li, Y., Li, Z., Li, J., Lu, H., Machida, R., Mashimo, Y., Kapli, P., McKenna, D.D., Meng, G., Nakagaki, Y., Navarrete-Heredia, J.L., Ott, M., Ou, Y., Pass, G., Podsiadlowski, L., Pohl, H., von Reumont, B.M., Schütte, K., Sekiya, K., Shimizu, S., Ślipiński, A., Stamatakis, A., Song, W., Su, X., Szucsich, N.U., Tan, M., Tan, X., Tang, M., Tang, J., Timelthaler, G., Tomizuka, S., Trautwein, M., Tong, X., Uchifune, T., Walz, M.G., Wiegmann, B.M., Wilbrandt, J., Wipfler, B., Wong, T.K.F., Wu, Q., Wu, G., Xie, Y., Yang, S., Yang, Q., Yeates, D.K., Yoshizawa, K., Zhang, Q., Zhang, R., Zhang, W., Zhang, Y., Zhao, J., Zhou, C., Zhou, L., Ziesmann, T., Zou, S., Li, Y., Xu, X., Zhang, Y., Yang, H., Wang, J., Wang, J., Kjer, K.M., & Zhou, X. 2014. Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. *Science* 346, 763–767.
- Schmidt-Nielsen, K. 1997. *Fizjologia zwierząt. Adaptacja do środowiska*. 526 pp. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Urbanek, A. 2007. *Jedno istnieje tylko zwierzę... Myśli przewodnie biologii porównawczej*. 244 pp. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa.



Instytut Paleobiologii PAN

ul. Twarda 51/55

00-818 Warszawa

tel. 22 656 66 37; fax 22 620 62 25

e-mail: paleo@twarda.pan.pl

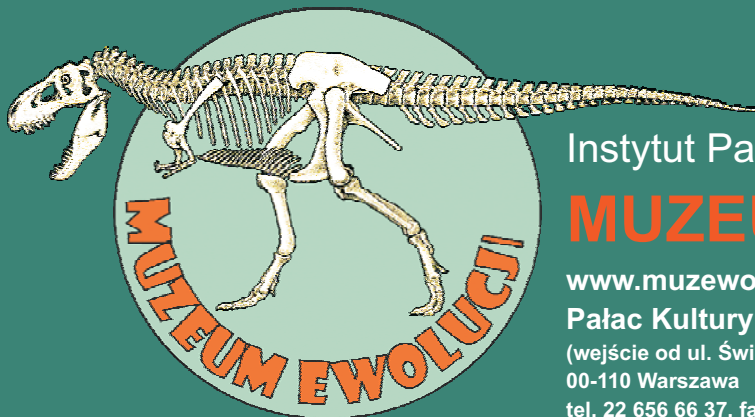
www.paleo.pan.pl

Kalendarium polskich wypraw paleontologicznych na Pustynię Gobi



PUSTYNIA GOBI KOTLINA NEMEGT

- 1962 – Roman Kozłowski podpisał w Ułan Bator umowę o współpracy naukowej Polskiej Akademii Nauk z Akademią Nauk Mongolskiej Republiki Ludowej
- 1963 – rekonesansową wyprawą do Mongolii pod kierownictwem Juliana Kulczyckiego
- 1964 – pierwsza duża ekspedycja na Pustynię Gobi pod kierownictwem merytorycznym Kazimierza Kowalskiego i organizacyjnym Macieja Kuczyńskiego
- 1965 – wyprawa pod kierownictwem Zofii Kielan-Jaworowskiej; znaleziska pachycefalozaura i dużego zauropoda bez szyi i czaszki oraz osobno czaszki zauropoda
- 1967, 1968 i 1969 – trzyosobowe wyjazdy do Mongolii w poszukiwaniu drobnych ssaków i jaszczurek
- 1970 – duża ekspedycja ze znaleziskiem czaszki pachycefalozaura w nadzwyczaj bogatym stanowisku Chermin Cav II
- 1971 – ostatnia ekspedycja; w Chermin Cav II znalezisko „walczących dinozaurów” (*Velociraptor* zczepiony z *Protoceratops*), a w Chulsan – najmniejsza z czaszek pachycefalozaurów



Instytut Paleobiologii PAN

MUZEUM EWOLUCJI

www.muzewol.pan.pl

Pałac Kultury i Nauki

(wejście od ul. Świętokrzyskiej)

00-110 Warszawa

tel. 22 656 66 37, fax 22 620 62 25, e-mail: paleo@twarda.pan.pl

Zaczątkiem obecnego Muzeum Ewolucji Instytutu Paleobiologii PAN w Warszawie była wystawa dinozaurów z Pustyni Gobi przygotowana pod nadzorem Zofii Kielan-Jaworowskiej w 1968 roku na 4. piętrze Pałacu Kultury i Nauki. Dotrwała do 1975 roku, kiedy pomieszczenia przez nią zajmowane okazały się niezbędne dla wystawy osiągnięć PRL. Powstał wówczas plan powiązania paleontologii z Ogrodem Botanicznym w Powsinie, jako Muzeum Ewolucji. Dopiero w 1984 roku powróciła możliwość eksponowania wyników ekspedycji mongolskich w Pałacu Kultury i Nauki, kiedy Zakład Paleozoologii PAN przejął sale wystawowe od Instytutu Zoologii PAN. Dzięki energicznemu zarządzaniu przez Zofię Kielan-Jaworowską nowa ekspozycja udostępniona została już w następnym roku.

Muzeum Ewolucji eksponuje przede wszystkim materiały z ekspedycji paleontologicznych na Pustynię Gobi organizowanych przez Zofię Kielan-Jaworowską oraz z wykopalisk w Krasiejowie koło Opola. Wystawiane są również zbiory muzealne należące obecnie do Muzeum i Instytutu Zoologii PAN, a będące dziedzictwem przedwojennego działu zoologicznego Narodowego Muzeum Przyrodniczego, powołanego dekretem Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego z dnia 24 września 1919 roku. Dział Zoologiczny muzeum utworzono wtedy w Warszawie w oparciu o zbiory Gabinetu Zoologicznego Cesarskiego Uniwersytetu Warszawskiego i prywatnego Muzeum Branickich. Po pożarze pomieszczeń na Krakowskim Przedmieściu w 1936 roku muzeum tymczasowo przeniosło się do kamienicy na ulicy Wilczej. W 1953 roku Muzeum włączone zostało do Polskiej Akademii Nauk jako Instytut Zoologii, który prowadził od 1960 roku ekspozycję w Pałacu Kultury i Nauki; zbiory w 1970 roku przeniesione zostały do magazynów w Łomnej pod Warszawą.

GODZINY OTWARCIA:

wtorek–piątek 8.00–16.00

sobota 10.00–16.00

niedziela 11.00–16.00

poniedziałki i dni świąteczne nieczynne