



Dinozaury z Pustyni Gobi po 30 latach badań





**Biuletyn
Muzeum Ewolucji
Instytutu
Paleobiologii PAN**
Pałac Kultury i Nauki
w Warszawie
(wejście od
ul. Świętokrzyskiej)

ISSN 1730-48

Redakcja
Jerzy Dzik
dzik@twarda.pan.pl

**Skład i opracowanie
graficzne**
Katarzyna M. Dzik

Biuletyn Muzeum Ewolucji EWOLUCJA jest wydawnictwem ukazującym się nieregularnie. Zamieszcza artykuły popularyzujące wiedzę o historii organizmów i ich środowiska a szczególnie o uwarunkowaniach i mechanizmach ewolucyjnych przemian przyrody.

SPIS TREŚCI

2

Pustynia Gobi po 30 latach
Zofia Kielan-Jaworowska



Polsko-Mongolskie Wyprawy Paleontologiczne na pustynię Gobi w latach 1963-1971 to złoty wiek polskiej paleontologii. Do dziś w Instytucie Paleobiologii PAN trwa naukowe opracowanie pozyskanych wtedy skamieniałości. Poszukiwania w Mongolii prowadzą teraz badacze z innych krajów.

12

Świat żywy pustyni Gobi sprzed 70 milionów lat
Karol Sabbath

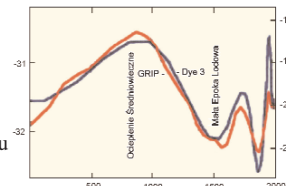


Jest już dość danych o organizmach z późnej kredy Mongolii, by powziąć wyobrażenie o przebiegu i naturze przemian ich ekosystemu. Eksponowane w Muzeum Ewolucji szczątki dinozaurów, żółwi, jaszczurek i ssaków z pustyni Gobi to świadectwa bogactwa przyrody schyłku ery mezozoicznej i podobieństw ówczesnych faun i flor azjatyckich i północnoamerykańskich.

30

Zmiany klimatu
Zbigniew Jaworowski

Nie da się skutecznie przewidywać przyszłości światowego klimatu bez wiedzy o jego dawnej i niedawnej przeszłości. Odczytana z zapisu kopalnego wiedza o przebiegu i przyczynach przemian środowiska umożliwia zrozumienie przyrodniczych uwarunkowań, w jakich dokonywała się historia ludzkości.



37

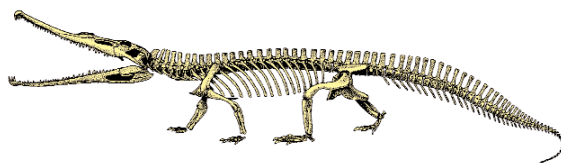
Historia ewolucyjna mszyc
Piotr Węgierek

Wbrew niepozornym rozmiarom mszyce rządzą stosunkami ekologicznymi w wielu dzisiejszych środowiskach lądowych. Zdumiewająco kompletny zapis kopalny umożliwia przesłedzenie przez dwieście milionów lat ewolucji ich anatomii, a pośrednio sposobu życia.



43

Czy krokodyle zastąpiły fitozaurowy
Tomasz Sulej



Wielokrotne pojawianie się zadziwiająco podobnych konstrukcji anatomicznych w historii świata zwierzęcego jest przejawem inżynierskich ograniczeń ewolucji. Wymiana wodnych tekodontów (fitozaurów) na krokodyle na przełomie triasu i jury jest jednym z bardziej kontrowersyjnych zdarzeń tego typu.

47

Narodowe Muzeum Przyrodnicze; historia i marzenia
Jerzy Dzik

Warszawa jest jedyną stolicą cywilizowanego świata pozbawioną muzeum przyrodniczego. Ponad dwieście lat trwają już bezskuteczne starania o utworzenie w Polsce centralnej instytucji odpowiedzialnej za dokumentację stanu ojczystej przyrody i upowszechnianie wiedzy o niej.



M Y S L I
względem założenia
MUSAEUM POLONICUM.

Pustynia Gobi po trzydziestu latach

Zofia Kielan-Jaworowska

Wyprawach na pustynię Gobi marzyłam już w czasach studenckich. Uniwersytet Warszawski powoli dźwigał się wówczas z gruzów, a po przedwojennym Zakładzie Geologii i Paleontologii, mieszczącym się na terenie głównych zabudowań Uniwersytetu przy Krakowskim Przedmieściu, zostały jedynie zgłiszczą. Profesor Roman Kozłowski rozpoczął już wykłady paleontologii w małym pokoiku swojego prywatnego mieszkania przy ul. Wilczej. Tam właśnie, wiosną 1946 roku usłyszałam po raz pierwszy, że paleontolodzy z Amerykańskiego Muzeum Historii Naturalnej w Nowym Jorku zorganizowali w latach 1922-1930 pięć wypraw paleontologicznych na pustynię Gobi leżącą na terenach Mongolii i Chin. Znaleźli między innymi czaszki najstarszych znanych wówczas ssaków łowiskowych, pochodzące z okresu kredowego, jaja i szkielety dinozaurów, oraz liczne szkielety ssaków z okresu trzeciorzędowego.

W roku 1949 dotarły do nas z opóźnieniem wiadomości o trzech rosyjskich wyprawach do Mongolii, zorganizowanych przez Instytut Paleontologiczny w Moskwie. Paleontolodzy rosyjscy w 1946 roku odbyli ekspedycję rekonesansową do Mongolii, a następnie zorganizowali dwie duże wyprawy w latach 1948 i 1949. Odkryli złoża skamieniałych kości w Dolinie Nemegetańskiej w południowej części mongolskiej pustyni Gobi. Ich osiągnięcia były imponujące. Z piaszczowców późnej części okresu kredowego wydobyto liczne szkielety wielkich dinozaurów, wśród których dominował roślinożerny *Saurolophus* i drapieżny *Tarbo-saurus*; wydobyto też szkielety wielkich dinozaurów pancernych, oraz zebrano liczne ssaki trzeciorzędowe. Wszystkie te szkielety, z wyjątkiem jednego, który wrócił do Mongolii, znajdują się obecnie w Moskwie.

Nie przypuszczaliśmy wówczas, że zorganizowanie następnej serii wypraw paleontologicznych do Mongolii przypadnie w udziale nam.

Organizacja Polsko-Mongolskich Wypraw Paleontologicznych

W 1960 roku Roman Kozłowski, założyciel i pierwszy kierownik Zakładu Paleozoologii PAN przeszedł na emeryturę i od stycznia 1961 roku objęłam kierownictwo Zakładu po nim. W roku 1962 Polska Akademia Nauk miała podpisać umowę o współpracy naukowej z niedawno utworzoną Akademią Nauk Mongolskiej Republiki Ludowej i profesor Kozłowski uznał, że to okazja do zorganizowania wspólnych wypraw paleontologicznych. Pojechał więc do Ułan Bator wraz z delegacją Prezydium PAN zabierając ze sobą przygotowany przeze mnie trzyletni (1963-1965) program wypraw. W następnym roku 1963 wysłaliśmy do Mongolii pierwszą rekonesansową wyprawę, którą kierował nieżyjący już mój kolega Julian Kulczycki.

Przygotowanie dużych wypraw jest zadaniem trudnym technicznie, wymagającym wysiłku organizacyjnego i zaangażowania dużego zespołu. Ze strony polskiej uczestniczyło w nich kilkanaście osób i kilka ze strony mongolskiej. W Warszawie gromadziliśmy sprzęt potrzebny do prowadzenia prac wykopaliskowych, gips dla chronienia okazów przy transporcie i środki do ich pakowania. Skompletować należało pełne wyposażenie obozów obejmujące namioty, śpiwory, dachy nad stoły, kuchnie polowe, żywność na trzy miesiące pobytu w terenie dla około 20 osób, aptekę, samochody ciężarowe i małe terenowe, oraz benzynę dla nich. W Mongolii nie było wówczas benzyny wysokooktanowej dla samochodów ciężarowych Star 66, wypożyczonych nam na wyprawę przez fabrykę w Starchowicach. Cały ten ładunek zajmujący dwa duże wagony towarowe oraz odkrytą platformę, na której jechała benzyna, był wysyłany przed wyprawą koleją w marcu z Warszawy do Ułan Bator. W maju był odbierany przez naszych kolegów mongolskich. Uczestnicy wypraw przylatywali samolotem z Warszawy do Ułan Bator w maju lub w czerwcu. Zazwyczaj dwa tygodnie spędzaliśmy najpierw w Ułan Bator za-

łatwiając formalności i przygotowując samochody do drogi. Zwykle też wynajmowaliśmy jeszcze dwie ciężarówki z kierowcami mongolskimi do przewiezienia części sprzętu do stolicy południowogobijskiego ajmaku (województwa) Dałan Dzagad, gdzie wynajmowaliśmy ogrodzony teren lub szopę na magazyn.

Ciężar organizacji wyprawy od strony technicznej spoczywał na barkach Macieja Kuczyńskiego, który na kilka lat podjął pracę w naszym Instytucie i poświęcił się temu zadaniu. Kuczyński, architekt z wykształcenia, podróżnik i speleolog, zdobył doświadczenie w organizacji wypraw podczas ekspedycji Polskiej Akademii Nauk na Spitsbergen w 1957/58 roku i kierując wyprawami speleologicznymi do różnych krajów.

Przebieg wypraw na pustynię Gobi

W latach 1964 i 1965 prowadziliśmy na pustyni Gobi prace wykopaliskowe na bardzo dużą skalę. Nie mogłam wyjechać z kraju na cały sezon badawczy (ponad trzy miesiące) pierwszej z tych ekspedycji. Zwróciłam się więc do Kazimierza Kowalskiego, kierownika Zakładu Zoologii Systematycznej PAN w Krakowie, aby objął kierownictwo wyprawy, a sama spędziłam w Mongolii tylko miesiąc. Profesor Kowalski znakomicie kierował pracami, które zaowocowały bardzo cenną kolekcją dinozaurów i innych gadów oraz ssaków kredowych i trzeciorzędowych. Kolejne wyprawy pracowały pod moim kierownictwem.

Podczas wyprawy 1965 roku wędrując w poszukiwaniu skamieniałości dnem płytkiego wąwozu we wschodniej części rozgąszonej odsłonięć formacji Nemegt spacerowałam, że w ścianie wąwozu, około 3 m nad dnem, sterczą kości. Wspięłam się tam i zobaczyłam w ścianie ułożone w porządku anatomicznym kości niewielkiego (najwyżej półtora metra długości) dinozaura. Na wąskiej półce skalnej, na której stanęłam leżał oderwany od ściany blok piaskowca, w którym tkwiła czaszka, mierząca około

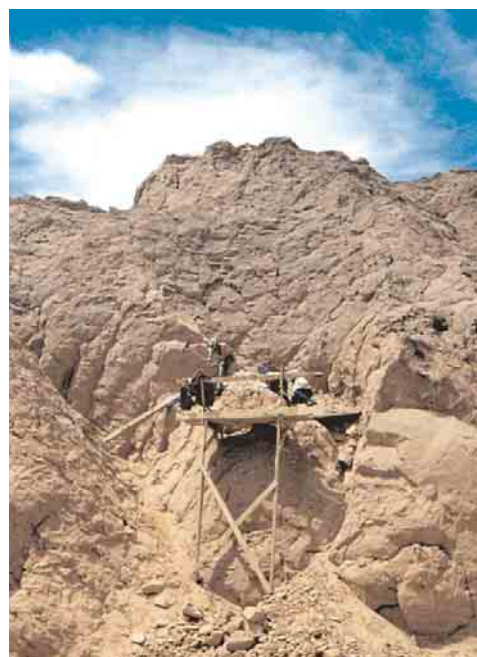
18 cm długości. Z przodu czaszki spoglądały na mnie wielkie oczodoły. Dach czaszki był płaski, silnie zgrubiały, zbudowany z ornamentowanych kości prawie 2 cm grubości. Miałam oto szczęście znaleźć czaszkę pachycefalozaura. Zapakowałam ją do plecaka i zaniósłam do obozu. Następnego dnia przystąpiliśmy do wydobywania reszty szkieletu. W tymże roku w Altan Ula w Dolinie Nemegetańskiej odkryliśmy i wydobyliśmy szkielet dużego zauropoda, zachowanego bez kręgów szyjnych i czaszki. Wydobywanie trzynastometrowego szkieletu i przetransportowanie go do miejsca, gdzie mogły podjechać samochody, zajęło nam pełny miesiąc, przy czym w pracach tych brało udział kilkanaście osób. Znaleźliśmy też dobrze zachowaną czaszkę zauropoda. Wcale nie spodziewaliśmy się natrafienia na te wielkie czworonożne giganty w osadach najmłodszej kredy Mongolii.

Gdyby co rok organizować dużą wyprawę, nie mielibyśmy czasu nawet na rozpakowanie i wyprzebarwienie choćby części zebranych kolekcji, nie mówiąc o wstępnym opracowaniu naukowym. Z tego powodu w 1966 roku zrobiliśmy przerwę. W latach 1967, 1968 i 1969 wysyłaliśmy jedynie trzyosobowe grupy paleontologów.



Uczestnicy ekspedycji z 1965 roku w Altan Ula

Szkielet dinozaura pancernego Saichania został znaleziony w Chulsan w trudnym dostępnym miejscu



Szkielet młodocianego
dinozaura rogatego
Protoceratops z Bajn
Dzak



Znalezisko czaszki i
przedniej części
szkieletu dinozaura
pancernego *Saichania* z
Chulsan



Podczas tych trzytygodniowych „mini-ekspedycji” nie prowadziliśmy prac wykopaliskowych, lecz poszukiwaliśmy drobnych skamieniałości, przede wszystkim ssaków i jaszczurek, na powierzchni odsłonięć piaskowców wieku kredowego. Zebraliśmy wtedy wiele cennych okazów.

W roku 1969 podpisaliśmy kolejną umowę o współpracy paleontologicznej z kolegami mongolskimi, co umożliwiło dwie wielkie ekspedycje, prowadzące poważne prace wykopaliskowe w latach 1970 i 1971. Podczas wyprawy 1970 roku Halszka Osmólska natrafiła na nadzwyczaj dobrze zachowaną czaszkę pacycefalozaura (zdjęcia na okładce) w piaskowcach formacji Nemegt w Nemegcie, w północnej części odsłonięcia. W odsłonięciu, które nazwaliśmy Chermin Caw II, na niewielkim obszarze natrafiliśmy w 1970 roku na niebywałą ilość skamieniałości, które nagromadziły się tam w wyniku wietrzenia skał

w ciągu tysięcy lat. Jednym z najbardziej interesujących odkryć naszych ekspedycji było znalezienie w roku 1971 doskonale zachowanego prawie kompletnego szkieletu małego dinozaura drapieżnego *Velociraptor*, szczepionego ze szkieletem małego dinozaura roślinożernego *Protoceratops*. Zdjęcia tych złączonych szkieletów były często publikowane w książkach na całym świecie pod nazwą „walczących dinozaurów”, które zginęły podczas walki. W tym samym roku roku 1971 natrafiłam na najmniejszą z czaszek pacycefalozaurów, tym razem w osadach młodszych, formacji Barun Goyot w Chulsan, na wschód od Nemegtu, pierwszego dnia po założeniu tam obozu.

Chcieliśmy kontynuować wykopaliska po roku 1971, ale władze Mongolskiej Akademii Nauk poinformowały nas, że nie mają dostatecznej liczby paleontologów, by obsłużyć nasze wyprawy. Od 1970 roku pracowały bowiem w Mongolii równolegle do naszych ekspedycji Radziecko-Mongolskie i kontynuowanie naszych wypraw okazało się niemożliwe.

Preparowanie skamieniałości

Po zakończeniu każdej wyprawy zgromadzone zbiory były prowizorycznie dzielone w Ułan Bator między stronę polską i mongolską, a znaczna ich część była następnie wysyłana koleją do Warszawy. Umowy między Akademiami obu krajów przewidywały, że po zakończeniu opracowań naukowych większość zbiorów dinozaurów, zwłaszcza zaś typy opisowe, zostanie odesłana do Mongolii. Tak się też stało. W Polsce pozostały tylko oryginalne ekspozyty tych grup, które były reprezentowane w zgromadzonych kolekcjach przez więcej niż jeden okaz. Jak koleldzy mongolscy stwierdzili w 2002 roku, tylko Polacy wywiązali się w ten sposób z zobowiązań wobec Mongolii.

Gdy jesienią 1964 roku pierwsze zbiory z pustyni Gobi przybyły koleją do Warszawy, Instytut stanął przed zadaniem zorganizowania nowej pracowni preparatorskiej. Wprawdzie Instytut zatrudniał kilku wysoko wykwalifikowanych pracowników technicznych, ale nie był to zespół wystarczający do wydobywania ze skały wielu niekiedy ogromnych szkieletów dinozaurów oraz zmontowania ich dla celów ekspozycji. Osobnym zadaniem było preparowanie czaszek drobnych ssaków z okresu kredowego,

których długość nie przekraczała często 2 cm. Podobne rozmiary miały też czaszki niektórych jaszczurek. Oczyszczanie tych maleńkich szkielecików musi być wykonywane pod binokulem, cienkimi igiełkami w oprawce, przez wysoko kwalifikowanych pracowników, znających budowę preparowanych form. Wreszcie, ponieważ szkielety znacznej części wydobytych przez nas dinozaurów miały być po opracowaniu naukowym zwrócone stronie mongolskiej, należało wykonać z nich odlewy z gipsu lub mas plastycznych, aby zmontować je na wystawie w Warszawie. Wykonywaliśmy też odlewy szczególnie atrakcyjnych szkieletów dla wymiany z innymi muzeami paleontologicznymi w różnych częściach świata oraz na sprzedaż. Przez czas trwania wypraw i jeszcze przez kilka lat później powiększyliśmy liczbę zatrudnionych w Instytucie pracowników technicznych, aby móc wykonać te wszystkie zadania. Angażowaliśmy też okresowo na prace zlecone studentów i inne osoby. W latach tych tak zwana rozpakownia, to jest duża sala w przyziemiu Instytutu w ówczesnym lokalu przy ul. Żwirki i Wigury 93, tętniła życiem.

Dorobek Polsko-Mongolskich Wypraw Paleontologicznych

Przed wyprawami do Mongolii pracownicy Zakładu Paleozoologii zajmowali się głównie opracowywaniem różnych grup morskich bezkręgowców. Jedyne kręgowce kopalne znane wówczas z terenu Polski to dewońskie ryby oraz nieliczne ssaki trzeciorzędowe i liczniejsze plejstoceńskie. Materiały mongolskie otworzyły przed paleontologami polskimi możliwość przystąpienia do badań nad najbardziej popularną grupą kręgowców kopalnych, jakimi są dinozaury. Dzięki zgromadzeniu dużej kolekcji słabo wtedy poznanych ssaków z okresu kredowego mogliśmy dołączyć do ścisłej czołówki badań nad wczesnymi etapami ich ewolucji. Badaliśmy też jaszczurki i krokodyle z okresu kredowego, żółwie kredowe i trzeciorzędowe, ssaki trzeciorzędowe i inne organizmy kopalne.

Choć prace terenowe zakończyły się w 1971 roku, do tej pory paleontolodzy polscy opracowują materiały wydobyte podczas wypraw. Bierzymy też udział w opracowaniach materiałów zebranych przez kolegów z innych krajów, zapraszani przez nich do współpracy.



Szkielet zaurolofa z Nemegt jeszcze w skale



Odsłanianie szkieletu zauropoda w Altan Ula

Wyniki naukowe wypraw publikowane były od 1969 roku jako monograficzne tomy zatytułowane *Results of the Polish-Mongolian Palaeontological Expeditions* w wydawnictwie seryjnym *Palaeontologia Polonica*. Do roku 1984 opublikowaliśmy dziesięć tomów serii *Results*, zawierających łącznie 64 artykuły naukowe. Jednocześnie publikowaliśmy prace w różnych czasopismach zagranicznych, w tym wielokrotnie w prestiżowym piśmie międzynarodowym *Nature*, a po roku 1984 często w kwartalniku *Acta Palaeontologica Polonica*. Między innymi dzięki temu kwartalnik ten znalazł się na dziesiątym miejscu w rankingu czasopism paleontologicznych na świecie.



Wojciech Siciński montuje szkielet gallimima

Opracowanie dinozaurów z pustyni Gobi

Lwią część zgromadzonych kolekcji dinozaurów opracowały Halszka Osmólska i Teresa Maryńska, publikujące często prace razem; autorki szybko uzyskały światową pozycję na liście badaczy dinozaurów.

Rekonstrukcja
gobijskiego ankylozaura
wykonana przez
Wojciecha
Skarżyńskiego



Małym dinozaurom drapieżnym z Mongolii poświęconych było kilka prac Halszki Osmólskiej (niekiedy we współautorstwie z paleontologami mongolskimi Altengerelem Perle i Rinchenem Barsboldem). W 1993 roku opublikowała ona artykuł, w którym wykazała, że welociraptor z pary „walczących dinozaurów” zginął podczas odżywiania się padliną protoceratopsa.

Halszka Osmólska opisała też wspólnie z Ewą Roniewicz gigantyczne kończyny przednie, liczące 2,5 m długości, i pas barkowy ogromnego dinozaura, któremu nadała nazwę *Deinocheirus* (co można przetłumaczyć jako strasznoręki). Nieznana jest reszta szkieletu tego olbrzyma, ale budowa nadgarstka wykazuje układ kości taki jak występuje u ornitomimidów. Praca Osmólskiej, Roniewicz i Barsbolda dotyczyła nowego rodzaju średniej wielkości ornitomimida *Gallimimus*. Ornitomimidy były poprzednio znane tylko z Ameryki Północnej. Niedawno Karol Sabath wspólnie z paleontologiem norweskim Jornem Hurumem opisał czaszkę ogromnego dinozaura drapieżnego *Tarbosaurus*, krewniaka północnoamerykańskiego tyranozaura *Tyrannosaurus rex*.

Magdalena Borsuk-Białynicka zbadała szkielet zauropoda z Nemegt, nadając mu nazwę *Opisthocoelicaudia*, i oceniła, że zwierzę wraz z szyją mogło mierzyć 13 metrów długości. Czaszkę zauropoda Aleksander Nowiński opisał jako *Nemegtosaurus*.

Roślinożerne dinozaury ptasiomiedniczne reprezentowane są w kolekcji przez dinozaury pancerne, grubogłowe, rogate i hadrozaury. Opracowania dinozaurów pancernych podjęła się Teresa Maryańska, która poświęciła im trzy prace, ustalając dwa nowe rodzaje i gatunki. Jednym z ważniejszych odkryć Maryańskiej, dotyczących anatomii dinozaurów pancernych było stwierdzenie w jamie nosowej małżowin nosowych i szczękowych, analogicznych do występujących u ssaków.

Pozostałe dinozaury ptasiomiedniczne Teresa Maryańska i Halszka Osmólska opracowywały razem. Pierwszą wspólną pracę opublikowaną w 1974 roku poświęci-

ły trzem świetnie zachowanym czaszkom i jednemu szkieletowi dinozaurów grubogłowych, które wcześniej nie były znane z Azji. Wszystkie rodzaje północno-amerykańskich przedstawicieli tej rzadkiej grupy miały kości dachu czaszki wysoko sklezione nad czołem. Odkryty w Nemegt szkielet był pierwszym pachycefalozaurem płaskogłowym, nazywanym *Homalocephale*. Czaszka *Prenocephale*, nazwanej też przez te autorki, jest większa i różni się wysoko sklepieniem dachu czaszki, w którym grubość kości dochodziła do 7,5 cm. Najmniejszy z wszystkich pachycefalozaurów otrzymał nazwę *Tylocephale*. Monografia naszych pachycefalozaurów była rewelacją w paleontologii dinozaurów i jest powszechnie uznawana za najobszerniejsze źródło informacji o anatomii dinozaurów grubogłowych.

Maryańska i Osmólska opublikowały wspólnie 13 prac o dinozaurach znalezionych podczas polsko-mongolskich wypraw. W roku 1975 ukazała się monografia prymitywnych dinozaurów rogatych ich autorstwa. Przedtem z Azji znany był tylko jeden gatunek z rodzaju *Protoceratops*. Autorki wykazały, że grupa ta była bardziej zróżnicowana i że prócz pospolitego gatunku protoceratopsa w okresie kredowym w Mongolii występowały trzy inne gatunki, dla jednego z których ustanowiono nowy rodzaj. Przygotowały też pięć prac poświęconych hadrozauirom.

Łącznie na podstawie materiałów zebranych przez Polsko-Mongolskie Wyprawy do Mongolii ukazało się około pięćdziesięciu prac o dinozaurach. Badania paleontologów polskich nad dinozaurami Mongolii rozszerzyły nie tylko wiedzę o zróżnicowaniu dinozaurów w późnej kredzie Azji i ich anatomii, lecz również przyczyniły się do odtworzenia ich fizjologii oraz stosunków rodowych między nimi. Dowodem uznania okazanym polskim znawcom dinozaurów przez społeczność międzynarodową były zaproszenia Halszki Osmólskiej i Teresy Maryańskiej do opracowania rozdziałów lub haseł w książkach i encyklopediach dotyczących dinozaurów, a zwłaszcza udział Halszki Osmólskiej w trzyosobowym gronie redagującym pierwsze w świecie kompendium wiedzy o dinozaurach, opublikowane w 1990 roku. W druku jest jego drugie wydanie.

Ssaki kredowe z Mongolii

Drugą poza dinozaurami grupą skamieniałości, której zgromadzenie przez Polsko-

-Mongolskie Wyprawy wywołało sensację w paleontologii, była znakomicie zachowana kolekcja ssaków z okresu kredowego. Przed naszymi wykopaliskami z obszarów pustyni Gobi znanych było zaledwie siedem, na ogół źle zachowanych czaszek ssaków, znalezionych w piaskowcach formacji Džadochta w Bajn Dzak przez amerykańskie wyprawy z lat dwudziestych. Nasz zbiór obejmuje około 180 okazów, z których liczne stanowiły kompletne czaszki, niekiedy zachowane z prawie pełnym szkieletem pozaczaszkowym. Przedstawiłam je w ponad sześćdziesięciu publikacjach, niekiedy we współpracy z paleontologiem mongolskim Demberlyinem Dashzevegiem, paleontologami rosyjskimi Borysem Trofimovem i Petrem Gambarjanem, Norwegiem Jornem H. Hurumem, a także z paleontologami i embriologami z Francji, Wielkiej Brytanii, Stanów Zjednoczonych i Polski.

Wśród ssaków zebranych przez nasze wyprawy dominują wieloguzkowce (*Multituberculata*), tworzące wymarłą, boczną linię ssaków mezozoicznych i wczesnotrzeciorzędowych. Były to pierwsze ssaki, które przystosowały się do roślinożernego i wszystkożernego trybu życia. Uprzednia wiedza o budowie wieloguzkowców była bardzo niepełna. Doskonale zachowane szkielety zebrane przez nas pozwoliły na poznanie szczegółów budowy ich czaszki, a także na rekonstrukcję naczyń krwionośnych głowy i odtworzenie budowy mózgu. Zbadanie szkieletów pozaczaszkowych wykazało, że u wieloguzkowców występowały tzw. kości torbowe a prawa i lewa połowy miednicy były zrośnięte na dole, nie mogły się więc rozstępować podczas porodu. Wieloguzkowce mogły być żyworodne i rodziły młode małych rozmiarów, tak jak torbacze. W pracy z Peterem Sambarjanem wykazaliśmy też, że ich kończyny odwiedzione były na boki, jak u dzisiejszych stekowców, a nie przesunięte pod tułów, jak u torbaczy i ssaków łożyskowych.

Na obszarach dzisiejszej pustyni Gobi żyły też w tym czasie łożyskowce, jedne z najstarszych przedstawicieli tej dominującej dziś grupy, oraz tak zwane deltateroidy, zaliczane poprzednio do ssaków łożyskowych, lecz jak to wykazały materiały zebrane przez nasze wyprawy, spokrewnione z torbaczami. Podobnie, jak w przypadku wieloguzkowców, udało się odtworzyć budowę czaszki, szkieletu pozaczaszkowego oraz mózgu jednych z tych najstarszych łożyskowców.

W roku 1979 ukazało się w Stanach Zjednoczonych pierwsze kompendium poświęcone ssakom mezozoicznym, w którym wykorzystano w znacznym stopniu materiały z wypraw polsko-mongolskich, pod redakcją Jasona Lillegravena, moją i Williama A. Clemensa. W roku 2003 wspólnie z paleontologami amerykańskimi Richardem L. Cifelli i Zhe-Xi Luo złożyliśmy do druku w Columbia University Press w Nowym Jorku drugą książkę, której napisanie zajęło nam pięć lat. To obszerne dzieło, liczące 1800 stron maszynopisu i 217 ilustracji, przedstawiające całokształt wiedzy o ssakach mezozoicznych świata, jest w druku i ukaże się latem 2004 roku.

Inne skamieniałości z Gobi

Do dorobku wypraw należy też kolekcja jaj dinozaurów i ptaków z piaskowców wieku późnokredowego. Jaja dinozaurów opracował Karol Sabath zaś jaja ptaków, w których zachowały się embryony, Andrzej Elżanowski.

Zebraliśmy również bogatą kolekcję jaszczurek kredowych, których opracowaniem zajął się Andrzej Sulimski a następnie Magdalena Borsuk-Białynicka. Ze względu na wyjątkowy stan zachowania okazów z Mongolii, prace zarówno Sulimskiego, jak i Borsuk-Białynickiej przyczyniły się bardzo do pogłębienia znajomości anatomii tej grupy gadów. Ustanowiono trzy nowe rodziny i siedemnaście nowych rodzajów.

Przed polsko-mongolskimi wyprawami nie były z Mongolii znane kredowe krokodyły. Halszka Osmólska w dwóch pracach (jedna wspólna z Francuzami E. Buffetaut i S. Hua) opisała pierwszego późnokredowego przedstawiciela prymitywnej grupy krokodyli *Protosuchia*, znanej dotychczas z triasu i wczesnej jury.

Poza kręgowcami z mezozoiku, wyprawy dostarczyły również materiałów kręgowców trzeciorzędowych, których opisy opublikowano w serii *Results of the Polish-Mongolian Palaeontological Expeditions* (np. nosorożce plioceńskie, opisane przez Magdalenę Borsuk-Białynicką, gryzonie oligoceńskie przez Kazimierza Kowalskiego i liczne inne). Janina Szczechura i Janusz Błaszyk opisali słodkowodne małżoraczkę, a Maria Ziemińska-Tworzydło i Jadwiga Karczeńska oognie glonów ramienic (*chary*) z kredy i trzeciorzędu Doliny Nemegetańskiej; Jerzy Dzik opracował też kredowe wije.



Czaszka
multituberculata
Nemegtbaatar z
fragmentami szkieletu
częściowo
wypreparowana z
piaskowcowej skały

Dużą wartość mają prace geologów uczestniczących w wyprawach (Ryszarda Gradzińskiego, Jerzego Lefelda, Józefa Kaźmierczaka i Tomasza Jerzykiewicza). W 1969 roku ukazał się artykuł Gradzińskiego i współautorów, zawierający dokumentację geograficzną i geologiczną terenów, na których prowadzone były wykopaliska. Opublikowane tam szkice topograficzne i profile są nadal wykorzystywane przez wyprawy pracujące na tych terenach. Geolodzy którzy brali udział w wyprawach, w badaniach sedimentologicznych wykazali, że osady formacji Nemegt tworzyły się w wielkich, meandrujących rzekach, zalewających w czasach późnej kredy obszary dzisiejszej pustyni Gobi, zaś osady starszych formacji Barun Goyot i Dżadochta są głównie osadami pochodzenia pustynnego.

Upowszechnianie wiedzy przyrodniczej

Uważam, że obowiązkiem badacza jest również, poza opracowaniem naukowym zebranych kolekcji, udostępnienie wyni-

*Gniazdo z jajami
Oviraptor świeżo po
odnalezieniu w Bajn
Dzak*



ków odkryć społeczeństwu. Publikowaliśmy liczne artykuły relacjonujące wyniki wypraw w prasie codziennej i popularnonaukowej zarówno polskiej jak i zagranicznej, udzielaliśmy wywiadów w telewizji i w radio. Ukazały się też książki o wyprawach. W 1968 roku zorganizowaliśmy w wynajętych na ten cel salach Pałacu Kultury i Nauki na szóstym piętrze wystawę „Dinozaury z pustyni Gobi”, która działała do 1975 roku i cieszyła się wielką popularnością.

W Parku Kultury w Chorzowie otworzyliśmy w 1975 roku wystawę rekonstrukcji dinozaurów z pustyni Gobi naturalnej wielkości. Modele tych dinozaurów były wykonywane w zmniejszeniu przez utalentowanego rzeźbiarza, asystenta technicznego Instytutu Wojciecha Skarżyńskiego pod kierunkiem paleontologów, a następnie powiększane na miejscu w Parku Chorzowskim w betonie przez zawodowych rzeźbiarzy. Wystawa ta już od 28 lat jest jedną z głównych atrakcji Parku.

W roku 1984 Instytut Paleobiologii przejął od Instytutu Zoologii PAN sale wystawowe w części Pałacu Kultury należącej do Pałacu Młodzieży i utworzył dział Instytutu nazwany Muzeum Ewolucji. Od 1985 znajduje się tam przygotowana przeze mnie stała ekspozycja „Ewolucja na lądach”. W opracowaniu scenariusza wystawy pomagał mi nieżyjący już kolega Andrzej Sulimski. Na wystawie tej znajduje się znaczna część znalezisk zebranych podczas wypraw do Mongolii.

Inne wyprawy

Po zakończeniu naszych wypraw przez wiele lat prace wykopaliskowe na pustyni Gobi prowadziły na dużą skalę radziecko-mongolskie (później rosyjsko-mongolskie) ekspedycje paleontologiczne i geologiczne. Do roku 1989 paleontolodzy z tak zwanych krajów zachodnich, mimo wielkiego zainteresowania pustynią Gobi, nie mogli nawiązać współpracy z naukowymi instytucjami mongolskimi, a nawet indywidualne wyjazdy były utrudnione. Gdy przywieźliśmy stamtąd w 1964 roku pierwsze ssaki kredowe i zawiadomiłam o tych znaleziskach mojego kolegę i przyjaciela Malcolma C. McKennę z Amerykańskiego Muzeum Historii Naturalnej w Nowym Yorku, który natychmiast przybył do Polski, aby obejrzeć naszą kolekcję. Oglądał z zainteresowaniem wypakowane przeze mnie okazy i powiedział z zadumą: „Całe życie marzyłem, aby szukać ssaków kredowych w Mongolii, ale ktoś inny zrobił to za mnie”. W jakiś czas potem w wywiadzie dla magazynu *Times* ocenił polskie odkrycia jako *super-fantastic*.

Sytuacja uległa jednak radykalnej zmianie po zmianach ustrojowych, jakie nastąpiły najpierw w Polsce, a potem we wszystkich krajach bloku wschodniego poczynając od 1989 roku. Mongolia stała się nagle krajem otwartym na współpracę. Paleontolodzy z Amerykańskiego Muzeum Historii Natu-

ralnej pierwsi wykorzystali przemiany polityczne. Już w roku 1990 wyruszyła na Gobi pierwsza ich ekspedycja. Zawarte przez nich porozumienie o współpracy nosi nazwę *Mongolian Academy – American Museum Expeditions* (w skrócie MAE). Ze strony mongolskiej kierownikiem ekspedycji jest Demberlyin Dashzeveg, ze strony amerykańskiej Michael J. Novacek. Rok-rocennie od 1990 roku nowojorskie Muzeum wysyła wyprawy do Mongolii, które dokonały wielu interesujących znalezisk tak ssaków kredowych, jak i dinozaurów. W Dolinie Nemegetańskiej przez kilka sezonów prowadzono prace w Ukaa Tołgod, gdzie natrafiano na ogromne nagromadzenie drobnych ssaków, wśród których dominuje wieloguzkowiec *Kryptobaatar dashzevegi*, opisany przeze mnie w 1969 roku z formacji Dżadochta z Bajn Dzak. Wśród dinozaurów odkrytych w Ukaa Tołgod największą sensację wzbudziło znalezienie szkieletu bezzębego, małego dinozaura z grupy teropodów, zwanego *Oviraptor* – na gnieździe jaj. Zespół ssaków i dinozaurów znalezionych w Ukaa Tołgod przemawia za tym, że osady tam występujące są bliskie wiekowo Formacji Dżadochta, jednakże występowanie w zespole elementów znanych z formacji Barun Gojot wskazuje, że mogą być nieco młodsze.

Paleontolodzy mongolscy zaczęli też być zapraszani do różnych krajów (np. do Japonii, oraz do krajów europejskich), gdzie wyjeź-

dźali z kolekcjami dinozaurów z pustyni Gobi, eksponując je na wystawach. Jedną z takich wystaw w Jardin des Plantes w Paryżu została poprzedzona przez ekspedycję francusko-włosko-mongolską, która prowadziła prace wykopaliskowe latem 1991 roku. Wystawę zatytułowano „Dinozaury i ssaki z pustyni Gobi”, bowiem zamysłem jej organizatora, specjalisty od dinozaurów Philippa Taqueta było pokazanie kontrastu wielkości dinozaurów i współczesnych im ssaków. Ponieważ materiały kredowych ssaków należą do rzadkości, zwrócono się do mnie o zezwolenie na wykonanie przez specjalistę z Muzeum w Paryżu odlewów silikonowych z mocniejszych okazów ssaków z naszej kolekcji. Miałam możliwość stwierdzić, że efekt porównania rozmiarów dinozaurów ze ssakami przedstawiony na wystawie był imponujący.

Od roku 1993 w Mongolii pracują też wyprawy japońsko-mongolskie. Ponadto na krótsze pobyty przyjeżdżają paleontolodzy z różnych krajów, oraz amatorzy, niekiedy nie związani z żadną instytucją naukową.

Wyprawa Nomadyczna 2002

W sierpniu 2002 roku wzięłam udział w jednej z takich wypraw paleontologicznych na pustynię Gobi, organizowanej przez Amerykańsko-Mongolskie towarzystwo turystyczne *Nomadic Expeditions*.

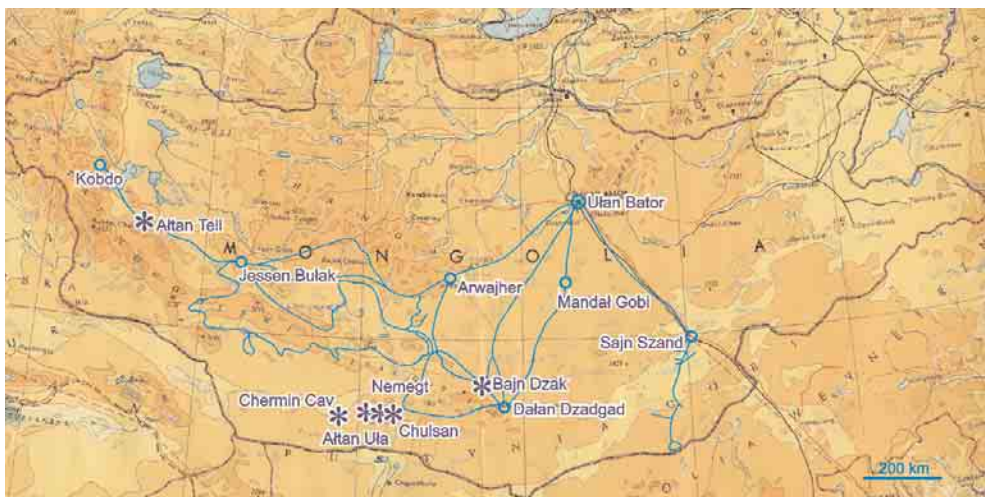


*Gobijskie formacje
piaskowcowe z kośćmi
późnokredowych
dinozaurów w Chermin
Caw (zdjęcie z
Ekspedycji
Nomadycznej)*



Piaskowcowe odlewy
tropów dinozaurów
znalezione przed
Ekspedycję
Nomadyczną, u góry
tarbozaura, u dołu
zaurolofa

Trasy Polsko-
Mongolskich Ekspedycji
Paleontologicznych na
Pustynię Gobi



Nie byłem w Mongolii przez trzydzieści jeden lat. Po tak długiej przerwie podróż była dla mnie szczególnie wzruszająca.

Wyprawa nosiła nazwę „Dinozaury z Gobi” (*Dinosaurs of the Gobi*). Uczestniczyło w niej siedemnaście osób. Kierował nią mój kolega, kanadyjski paleontolog Philip Currie, specjalista od dinozaurów, i przyjaciółka z czasów wypraw polsko-mongolskich, Demchig Badamgarav z ośrodka paleontologicznego Akademii Nauk w Ułan Bator, specjalizująca się w sedymentologii.

Ponieważ podróżowaliśmy małymi samochodami terenowymi i przy każdym odsłonięciu byliśmy zaledwie kilka dni, nie można było prowadzić prac wykopaliskowych na równie dużą skalę jak podczas Polsko-Mongolskich Wypraw Paleontologicznych. Eksploatację z równym rozmachem prowadziły tylko pierwsze ekspedycje rosyjskie z lat 1946-1949. Pracujące w Mongolii od trzynastu lat wyprawy amerykańsko-mongolskie, mimo że odkryły bardzo cenne materiały małych dinozaurów, jaj, ptaków i ssaków kredowych, nie wydobywały dużych szkieletów.

Pierwszego dnia odwiedziliśmy dobrze mi znane odsłonięcia formacji Dżadochta w Bajin Dzak, następnie Ukaa Tołgod w Do-

linie Nemegetańskiej, gdzie wyprawy MAE prowadzą prace wykopaliskowe od wielu lat, oraz miejsca bardzo dobrze mi znane z Polsko-Mongolskich Wypraw, takie jak Naran Bułak, Nemegt, Chermín Caw oraz odkryte przez nas pod względem paleontologicznym odsłonięcia w Chulsan. Niestety, w stanowiskach eksploatowanych przez nas intensywnie przed laty, gdzie sama znalazłam bardzo liczne okazy, nie udało się nam tym razem znaleźć ani jednego ssaka. W wielu miejscach (np. w Chulsan i w Chermín Caw) byliśmy przed laty pierwszymi badaczami. Skamieniałości nagromadzone na powierzchni w ciągu tysiącleci zostały zebrane najpierw przez nas, potem przez liczne inne ekspedycje penetrujące te obszary. Spotykaliśmy ślady po poszukiwaczach, którzy pracowali na tym samym terenie, a w Ukhua Tolgod zastaliśmy obóz japońskich amatorów, poszukujących skamieniałości.

W ciągu czterech lat uczestnicy wypraw Towarzystwa Nomadycznego znaleźli jedynie dwa okazy ssaków kredowych w Chermín Caw. Oba zostały mi przekazane do opracowania i okazały się interesujące zarówno z anatomicznego, jak i stratygraficznego punktu widzenia. Obfitsze były znaleziska dinozaurów, które ze względu na duże rozmiary nie są tak trudne do znalezienia jak małe okazy ssaków. W szybko wietrzejących piaskowcach formacji Nemegt co roku można natrafić na nowe szczątki.

Mimo że byliśmy w terenie tylko niecałe dwa tygodnie, zebraliśmy ponad pięćdziesiąt skamieniałości zasługujących na muzealne skatalogowanie, w tym wiele okazów jaszczurek, zęby krokodyli, drobne jaja ptaków *Gobipteryx*, fragment szkieletu dziwnego ptaka biegającego *Mononykus*, jaja dinozaurów, kopalne gniazda os i, co najważniejsze, liczne niekompletne czaszki i szkielety pozaczaszkowe dinozaurów. Większość tych okazów znajdowała się w osadach formacji Nemegt w odsłonięciach Chermín Caw i w Nemegt.

Do najciekawszych znalezisk Wypraw Nomadycznych należy niewątpliwie odkrycie w 2001 roku tropów dinozaurów zachowanych jako

kompletne odlewy stóp, niekiedy z odciskami skóry. Odkrycie tropów dinozaurów na pustyni Gobi anonsowali wcześniej paleontolodzy japońscy, ale ich nie opisali. Tropy te „wisały” na spągowej powierzchni mocniej scementowanego piaskowca na granicy osadów formacji Barun Goyot i Nemegt. Podczas wyprawy 2002 roku wydobyliśmy w Nemegt cztery wielkie odlewy stóp. Większość należy do hadrozaurów (rodzaj *Saurolophus*), prócz których występują rzadsze tropy teropodów (*Tarbosaurus*), oraz zauropodów (*Opithocoelicaudia*).

Mimo że obszary pustyni Gobi eksploatowane są przez paleontologów już od ponad 80-u lat, każda kolejna wyprawa przynosi więc nowe odkrycia, które wzbogacają naszą wiedzę o rozwoju życia na Ziemi.

Literatura

- Borsuk-Białynicka, M. 1970. Lower Pliocene rhinocerotids from Altan Teli, Western Mongolia. *Palaeontologia Polonica* **21**, 73-94.
- Borsuk-Białynicka, M. 1977. A new camarasaurid sauropod *Opisthocoelicaudia skarzynskii* gen. n., sp. n. from the Upper Cretaceous of Mongolia. *Palaeontologia Polonica* **37**, 5-64.
- Borsuk-Białynicka, M. 1984. Anguimorphans and related lizards from the Late Cretaceous of the Gobi Desert, Mongolia. *Palaeontologia Polonica* **46**, 5-105.
- 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**, 1-13.
- Elżanowski, A. 1981. Embryonic bird skeletons from the Late Cretaceous of Mongolia. *Palaeontologia Polonica* **42**, 147-229.
- Gradziński, R. 1970. Sedimentation of the 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**, 249-278).
- Gradziński, R., Kaźmierczak, J., & Lefeld, J. 1969. Geographical and geological data from the Polish-Mongolian Palaeontological Expeditions. *Palaeontologia Polonica* **19**, 33-84.
- Karczewska, J. & Ziemińska-Tworzydło, M. 1970. Upper Cretaceous Charophyta from the Nemegt Basin, Gobi Desert. *Palaeontologia Polonica* **21**, 121-146.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1969. *Polowanie na dinozaury*. 99 pp. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1969. *Hunting for Dinosaurs*. 177 pp. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1969. Discovery of a multituberculate marsupial bone. *Nature* **222**, 1091-1092.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1971. Skull structure and affinities of the Multituberculata. *Palaeontologia Polonica* **25**, 5-41.
- Kielan-Jaworowska, Z. 1979. Pelvic structure and nature of reproduction in Multituberculata. *Nature* **277**, 402-403.
- Kielan-Jaworowska, Z., Cifelli, R.L., & Luo, Z.-X. 2004. *Mammals from the Age of Dinosaurs: Origins, Evolution, and Structure*. Columbia University Press, New York (w druku).
- Kielan-Jaworowska, Z., Novacek, M.J., Trofimov, B.A., & Dashzeveg, D. 2000. Mammals from the Mesozoic of Mongolia. In M. J. Benton, M. A. Shishkin, E. N. Kurochkin, & D. M. Unwin (eds), *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*, 573-652. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kowalski, K. 1974. Middle Oligocene rodents from Mongolia. *Palaeontologia Polonica* **30**, 147-178.
- Kuczyński, M. 1968. Wyprawa po dinozaury. 63 pp. Nasza Księgarnia, Warszawa.
- Lavas, L.R. 1993. *Dragons from the Dunes: The Search for Dinosaurs in the Gobi Desert*. 138 pp. L. R. Lavas, Auckland.
- Lillegraven, J.A., Kielan-Jaworowska, Z., & Clemens, W. A. (eds.) 1979. *Mesozoic Mammals: The First Two-thirds of Mammalian History*. 311 pp. University of California Press, Berkeley.
- Maryańska, T. 1977. Ankylosauridae (Dinosauria) from Mongolia. *Palaeontologia Polonica* **37**, 65-151.
- Maryańska, T. & Osmólska, H. 1974. Pachycephalosauria, a new suborder of ornithischian dinosaurs. *Palaeontologia Polonica* **30**, 45-102.
- Maryańska, T. & Osmólska, H. 1996. Polski ślad w badaniach dinozaurów. *Kosmos* **45**, 747-761.
- Novacek, M. 1996. *Dinosaurs from the Flaming Cliffs*. 367 pp. Anchor Books Doubleday, New York.
- Osmólska, H. 1976. New light on skull anatomy and systematic position of *Oviraptor*. *Nature* **262**, 683-684.
- Osmólska, H. 1980. The Late Cretaceous vertebrate assemblages of the Gobi Desert, Mongolia. *Mémoires de la Société Géologique de France*, N. S. **139**, 145-150.
- Osmólska, H. 1993. Were the Mongolian “fighting dinosaurs” really fighting? *Review de Paléobiologie, Special Volume* **7**, 161-162.
- Osmólska, H., Roniewicz, E., & Barsbold, R. 1972. A new dinosaur, *Gallimimus bullatus* n. gen., n. sp., (Ornithomimidae) from the Upper Cretaceous of Mongolia. *Palaeontologia Polonica* **27**, 103-143.
- Sulimski, A. 1975. Macrocephalosauridae and Polyglyphanodontidae (Sauria) from the Late Cretaceous of Mongolia. *Palaeontologia Polonica* **33**, 25-102.
- Szczechura, J. 1978. Fresh-water ostracodes from the Nemegt Formation (Upper Cretaceous) of Mongolia. *Palaeontologia Polonica* **38**, 65-121.
- Weishampel, B.D., Dodson, P., & Osmólska, H. (eds) 1990. *The Dinosauria*. 733 pp. University of California Press, Berkeley.

Świat żywy pustyni Gobi sprzed 70 milionów lat

Karol Sabbath

Dla paleontologów Gobi to skarbnica skamieniałości z końca ery dinozaurów – późnej kredy.

Poznanie paleontologicznej i geologicznej przeszłości tego regionu było celem licznych ekspedycji terenowych i przedmiotem żmudnych badań laboratoryjnych. Znaczący w tym udział miały zorganizowane przed czterdziestu laty Polsko-Mongolskie Wyprawy Paleontologiczne na Pustynię Gobi i trwające do dziś wysiłki badaczy z Instytutu Paleobiologii PAN. Ekspozowane w Muzeum Ewolucji szczątki dinozaurów, żółwi, jaszczurek i ssaków z pustyni Gobi to świadectwa bogactwa przyrody schyłku ery mezozoicznej. Pozwalają lepiej zrozumieć przeszłość przyrody, a zarazem uświadamiają jej kruchość. Świat dinozaurów przestał istnieć 65 milionów lat temu, ale możemy dzięki niemu łatwiej rozpoznać zagrożenia dla harmonijnego trwania przyrody, która nas otacza dziś.

Poniższy przegląd zgromadzonych dotąd danych paleontologicznych o późnej kredzie Gobi przedstawia wyniki badań ewolucyjnych i środowiskowych, prowadzonych w tym regionie od ponad 80 lat.

Późnokredowe dzieje Gobi

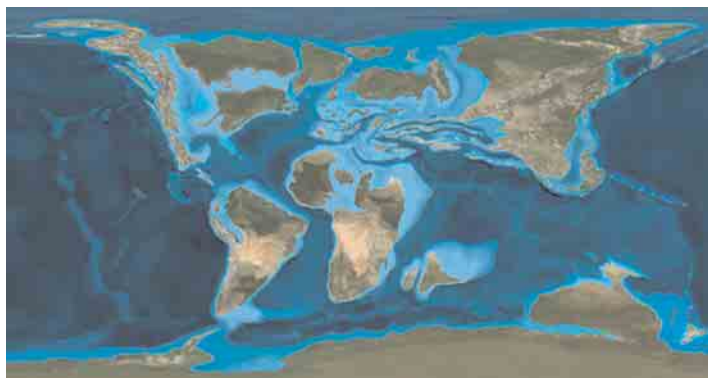
Gobi leży w pobliżu styku dwóch prądów kontynentów: północnochińskiego i syberyjskiej Angarii. Ich zderzenie wypiętrzyło we wczesnym mezozoiku łańcuchy Ałtaju i innych gór tego regionu. Od jury strefa subdukcji pochłaniająca skorupę dna Pacyfiku znajduje się na wschodnim brzegu

Eurazji. Lokalne rozciąganie obszaru dzisiejszej Mongolii i północnych Chin powodowało odtąd zapadanie się skorupy ziemskiej. Uformował się basen Gobi, stopniowo zapełniany namułami rzek. Osady złożone w późnej kredzie Gobi utworzyły cztery kolejne formacje geologiczne: Bajn Szire (Bayanshiree w transliteracji angielskiej), Dżadochta (Djadokhta), Barun Gojot (Baruungoyot) i Nemegt. Mongolskiej formacji Dżadochta odpowiada formacja Iren Dabasu w rejonie Bajan Mandahu w chińskiej prowincji Mongolia Wewnętrzna.

Środowisko. Położenie w głębi lądu, wiele kilometrów od morza, już w kredzie powyżej 40 stopnia ówczesnej szerokości geograficznej północnej, a także przewaga suchych wiatrów z zachodu, stworzyło pustynię w niecce Gobi. We wczesnej kredzie region ten pokrywały jeszcze rozległe jeziorzyska, ale w późnej kredzie ustąpiły one miejsca niewielkim, często okresowym zbiornikom. Miejsce grubookruchowych osadów rzecznych (o łącznej miąższości liczonej w tysiącach metrów), niesionych z erodowanych pobliskich grzbietów górskich, zajęły drobnoziarniste, piaszczyste osady rzeczno-jeziorne i pustynne (których w porównywalnym okresie nagromadziło się zaledwie paręset metrów). Dopiero pod koniec kredy klimat znów stał się wilgotniejszy.

Zdaniem Tomasza Jerzykiewicza dzisiejszym odpowiednikiem warunków panujących przed mniej więcej 70 milionami lat na Gobi jest bezodpływowa delta Okawan-

Mapa świata w turonie (późna kreda, ok. 90 mln lat temu), kiedy podniesienie poziomu wód oceanicznych prze-rwało pomost amerykańsko-azjatycki, oraz Azja pod koniec ery dinozaurów (kampan-mastrycht, ok. 70 mln lat temu; wg R. Blakey)



go pośród pustyni Kalahari. W Kotlinie Nemegt znajdował się obszar wilgotny, z rozlewiskami rzecznyymi i bujną florą leśną. Jej świadectwem są osady rzecznych piasków i żwirów formacji Nemegt odpowiadającej zapewne ostatnim wiekom kredy: późnemu kampanowi i mastrychtowi. Dookoła zaś rozciągała się piaszczysta pustynia, po której pozostały osady wydymowe – eolicznych piaskowców. To one przeważają w nieco starszych (kampanijskich) formacjach Dżadochta i Barun Gojot. Zwłaszcza ta pierwsza jest zdominowana przez czerwone piaskowce pochodzenia wydymowego. Pojawiają się też poziomy tzw. *caliche* [wym. kalicze], jak z hiszpańska nazywają geolodzy skorupy wapienne powstające w powierzchniowej warstwie gleby w wyniku intensywnego parowania podsiąkającego roztworu gębowego bogatego w rozpuszczony węgiel wapnia wypłukany ze skał. Świadczą one o przeplataniu się okresów wilgotnych (po obfitych opadach) i skrajnie suchych. W formacji Barun Gojot więcej jest przewarstwień osadów jeziornych i rzecznych w postaci zlepieńców, żwirów i mułowców.

Tak więc osady formacji Dżadochta i Barun Gojot (o miąższości ponad 100 metrów każda) kształtowały się w terenie pustynnym, obfitującym w wydmy piaszczyste, pośród których rozciągały się płytkie jeziora zasilane przez okresowe rzeki i strumienie. Powierzchnia zbiorników wodnych ulegała dużym wahaniom sezonowym, stąd tu i ówdzie występują warstwy grubszego materiału żwirowego naniesionego przez wodę. Czasami obfite deszcze powodowały osuwiska na stokach wydym, zwykle stabilizowanych przez roślinność. Takie lawiny piaszczystego błota grzebały zaskoczonych zwierzęta, np. „walczące dinozaury” – protoceratopsa i welociraptora. Utonięciem w kurzawce (mieszanie wody i piasku) tłumaczy się np. osobliwie zachowane szkielety dinozaurów rogowatych, protoceratopsów. Wyglądają, jakby „stały słupka” – być może tonąc, starały się rozpaczliwie utrzymać głowę na powierzchni zdradliwego podłoża. Szkielety owiraptorów wysiadających jaja mogą zaś być świadectwem burz piaszczystych przetaczających się przez te regiony w porze suchej. Szybkie pogrzebanie przez piasek w suchych warunkach, opóźniających rozkład martwych zwierząt, umożliwiło zachowanie się rzadkich w skali światowej szkieletów lądowych jaszczurek czy drobnych ssaków w naturalnym porządku anatomicznym.

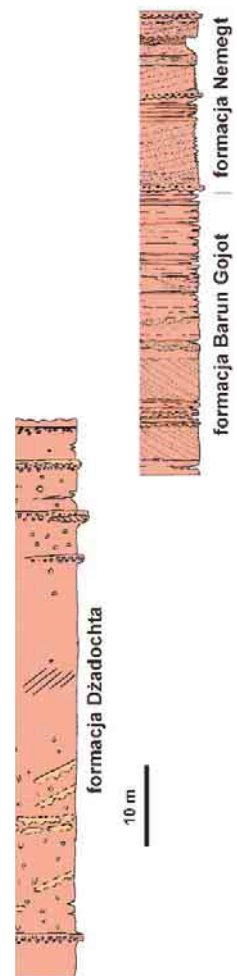
Formacja Barun Gojot jest na ogół uważana za młodszą od Dżadochty, ale nigdzie nie udało się znaleźć przekroju geologicznego, w którym skały reprezentujące obie formacje występowałyby w następstwie. Podobieństwo składu gatunkowego ich zespołów skamieniałości skłania do przypuszczeń, że mogą być zbliżonego wieku, odzwierciedlając raczej różnice środowiska sedimentacji niż upływ czasu geologicznego.

Formacja Nemegt (której miąższość sięga 400 metrów) jest natomiast niewątpliwie młodszą od Barun Gojot, gdyż można prześledzić ich granicę. Szkielety wielkich dinozaurów roślinożernych i mięsożernych świadczą o tym, że w okolicy musiała wówczas istnieć bujna szata roślinna, stanowiąca podstawę piramidy pokarmowej. W skałach formacji Nemegt – osadzonych na ogół w warunkach o wiele wyższych energii prądu wody, niosących grubszy osad – niewiele jest natomiast szczątków drobnych kręgowców, gdyż ich delikatne kości ulegały w tych warunkach zniszczeniu.

Wiek geologiczny. Osady gobijskie nie przewarstwiały się z morskimi. Dlatego powiązanie ich ze standardowym podziałem dziejów Ziemi, w którym kluczowe znaczenie ma morski plankton i inne skamieniałości przewodnie szybko ewoluujących, a zarazem masowo występujących gatunków, jest trudniejsze niż w Ameryce Północnej. Skamieniałości z formacji mongolskich pozwalają jedynie na bardzo przybliżone korelacje z ich odpowiednikami z innych stron świata. Różne zespoły późnokredowych skamieniałości nawet z samego obszaru Gobi mogą też reprezentować nie fauny kolejno następujące w czasie, lecz współczesne sobie ekosystemy związane z różnymi siedliskami lądowymi.

Mezozoicznym ruchom skorupy ziemskiej na pograniczu Mongolii i Chin towarzyszył wulkanizm wzdłuż ich kontaktu. Zastygłe wówczas lawy można datować metodami izotopowymi. Bazalty z górnej części formacji Barun Gojot w Chuluut Uul datowano na ok. 75 mln lat (późny kampan). Niedokładność datowania radiometrycznego jest jednak większa nawet od niepewności szacowania wieku osadów metodami paleontologicznymi.

Podobieństwa faun Azji i Ameryki Północnej posłużyły do korelacji wiekowej formacji gobijskich z lepiej datowanymi zespołami amerykańskimi (międzynarodowe



Zgeneralizowane profile geologiczne późnokredowych formacji gobijskich

Podział stratygraficzny
późnej kredy Mongolii
i Chin na tle regionalnej
stratygrafii Ameryki
Północnej i międzynaro-
dowego

Czas Epoki	Wiek - pietro	Wiek (Ma)	Ameryka Pn. (NALMA)	Gobi (formacje)
PALEOGEN				
PALEOGEN	dan		Torrejonian	
			Puercan	
		65		
	mastrycht		Lancian	
		70	Edmontonian	Nemegt
		75		Baruungoyot
			Judithian	?
		80		Djadokhta (Iren Dabasu)
			Aquilan	?
		85		
	santon			
				Bayanshiree
	koniak			

Faunę Nemegt porównywano z fauną amerykańskiej wczesnomastyrychckiej formacji Horseshoe Canyon, a faunę Barun Gajot – z fauną późnokampańskiej formacji Judith River. W ślad za tym szła interpretacja podobnych gatunków z obu kontynentów jako blisko spokrewnionych gatunków siostrzanych. Np. mongolskie tarbozaury niektórzy badacze uważali za gatunki należące do północnoamerykańskich rodzajów z rodziny tyranozaurów. Podobnie bliskie pokrewieństwo miało dotyczyć innych teropodów, a także dinozaurów kaczodziobych, i innych grup, nie tylko dinozaurów – np. multituberkulatów.

Pierwsze, czynione kilkadziesiąt lat temu zestawienia fauny azjatyckiej i amerykańskiej opierały się o niewielką liczbę znanych wówczas gatunków z małą rozdzielczością geograficzną. Nowe znaleziska, a także dokładniejsze poznanie rozmieszczenia poszczególnych gatunków, wskazują na znaczny prowincjonalizm geograficzny; np. w dzisiejszej Kanadzie na początku mastrychtu (NALMA: Edmontonian) zespół z przewagą hadrozaura *Saurolophus* i ceratopsa *Anchiceratops* zastąpił wcześniejszą faunę z hadrozaurem *Corythosaurus* i cera-

topsem *Centrosaurus*, podczas gdy na południu dzisiejszych Stanów Zjednoczonych trwał typowy dla późnego kampanu (NALMA: Judithian) zespół zdominowany przez hadrozaurow *Kritosaurus* i *Parasaurolophus*. Wyłaniająca się z nowszych danych złożoność ówczesnej biogeografii każe sceptycznie podchodzić do wiarygodności dokładnych korelacji transkontynentalnych.

Nowsze badania systematyczne, zwłaszcza kladystyczne analizy przeprowadzone dla tyranozaurów, dinozaurów rogatych, a także multituberkulatów czy jaszczurek, akcentują endemizm form azjatyckich na poziomie rodzinnym. Wynika z tego, że międzykontynentalna wymiana fauny była słabsza i miała miejsce raczej w początkach późnej kredy, zapewne po ustąpieniu wielkiej cenomańskiej transgresji morskiej, kiedy odsłoniły się płytko położone obszary szelfowe. Najniższy poziom oceanu światowego w późnej kredzie (spadek o ponad 100 m) przypadł na koniak, wiek trwający od ok. 89 do 86 mln lat temu. Później poziom morza ponownie się podniósł. Odtąd rozdzieliły się drogi ewolucji większości grup, które zdołały zasiedlić obszary po obu stronach północnego Pacyfiku. Zasadniczo ekosystemy azjatyckie przez ostatnie 20 mln lat mezozoiku rozwijały się więc niezależnie od swych amerykańskich odpowiedników.

Zespoły dinozaurów Gobi

Nie jest łatwo odtworzyć proporcje pomiędzy osobnikami poszczególnych gatunków w pradawnych ekosystemach na podstawie ich skamieniałości. W zasadzie skład zespołów kopalnych szczątków powinien odpowiadać udziałowi każdego z gatunków w ogólnej produkcji biologicznej. Zapis kopalny jest zniekształcony przez wiele różnych czynników związanych z transportem, składaniem trupów zwierzęcych w osadzie i z późniejszym formowaniem skamieniałości. Nie wiadomo, który z nich spowodował niezgodność między oczekiwaniami, a tym co rzeczywiście paleontolodzy znajdują na pustyni Gobi. Zarówno wiedza o sposobach przepływu materii i energii w obrębie dzisiejszych ekosystemów („piramida pokarmowa”), jak i znaleziska kopalnych tropów dinozaurów z formacji Nemegt dowodzą, że w późnej kredzie Mongolii najwięcej było dinozaurów roślinożernych (w formacji Nemegt – zaurolofów). Wśród znalezisk przywiezionych przez ekspedycje więcej jest

jednak skamieniałych szkieletów dinozaurów drapieżnych. Może to one oczyszczały Gobi z trupów roślinożerców, nie dając im szans na zachowanie się w stanie kopalnym?

Dostępne znaleziska wystarczają, by stwierdzić, że w każdej z kolejnych późnokredowych faun Gobi, odtworzonych ze skamieniałości zawartych w poszczególnych formacjach geologicznych, dinozaury tworzyły odmienny zespół. Trzy najważniejsze to:

Fauna Dżadochty. W czerwonych piaskowcach formacji Dżadochta (a także równowiekowej Iren Dabasu oraz nawiązujących po części do formacji Barun Gojot odsłonięciach w Ucha Tołgod) licznie występują prymitywne dinozaury rogate *Protoceratops* i *Magnirostris* (Bajan Mandahu). Ich samoostrzące się rzędy zębów przerabiała zapewne główny strumień pokarmu roślinnego w ówczesnym ekosystemie Gobi. Wspomagały je ankylozaury *Pinacosaurus*. Zachowały się też szczątki drobnych drapieżników: dromeozaurów *Velociraptor*, troodontidów (*Saurornithoides*), owiraptorów (*Oviraptor philoceratops*, *Citipati* i *Khaan*) oraz awimima. W świecie tym nie było wielkich zwierząt – nie całkiem więc odpowiadał popularnym wyobrażeniom o erze dinozaurów w Mongolii. Do rzadkości należą fragmentaryczne szczątki dużych roślinożernych ornitopodów i odpowiadających im rozmiarami dinozaurów drapieżnych.

Fauna Barun Gojot. W warstwach formacji Barun Gojot występują liczne roślinożerne dinozaury pancerne (*Saichania* i *Tarchia kielanae*) oraz rogate (*Bagaceratops*, *Breviceras* i *Udanoceratops*). Rzadkie zauropody reprezentuje *Quesitosaurus*, a pachycefalozaury – *Tylocephale*. Zespół roślinożerców podległ więc tymczasem znacznemu wzbogaceniu. Skały te dostarczyły także szkieletów drapieżnych welociraptorów, owiraptorów *Conchoraptor* i *Ingenia* oraz *Avimimus* i *Hulsanpes*. Wciąż był to więc (poza zauropodami) świat zwierząt niezbyt dużych rozmiarów.

Fauna Nemegt. W osadach dawnych koryt rzecznych zachowały się liczne szczątki dinozaurów wielu gatunków. Nie znajdziemy tu jednak wielkich dinozaurów rogatych, tak charakterystycznych dla późnokredowych ekosystemów północnoamerykańskich. Za-

nik dinozaurów rogatych, wcześniej przecież różnorodnych, jest zaskakujący. Poza stały ankylozaury (*Tarchia*) i charakterystyczne dla tego zespołu różnorodne dinozaury grubogłowe (pachycefalozaury), *Prenocephale*, *Homalocephale* i *Goyocephale*. Reprezentowane są też drapieżniki bliskie známym ze starszych formacji – troodonty (*Saurornithoides* pokrewny formom opisanym z Kanady) i owiraptory („*Oviraptor mongoliensis*” czy *Ingenia*).

Region Gobi zasiedliły wtedy naprawdę wielkie zwierzęta. W formacji Nemegt licznie spotykane są szczątki roślinożernych wielkich dinozaurów kaczodziobych (*Saurolophus angustirostris*). Ich szerokie baterie zębów pozwalały na rozcieranie pędów i liści ze skutecznością podobną do dzisiejszych stepowych ssaków kopytnych. Inne zasoby pokarmu roślinnego wykorzystywały w tym czasie ogromne zauropody (*Nemegtosaurus-Opisthocoelicaudia*). Mięsem dużych roślinożerców żywiły się olbrzymie teropody (*Tarbosaurus* i *Alioramus*) oraz drapieżniki średnich rozmiarów, takie jak *Bagaraatan*, *Borogovia* czy *Elmisaurus*. *Deinocheirus* i *Therizinosaurus*, olbrzymie teropody, prawdopodobnie były roślinożerne lub wszystkożerne. Były też bezzębne, podobne do wielkich strusi ornitomimy *Gallimimus* i *Anserimimus* będące zapewne filtratorami, jak dzisiejsze ptaki blaszkodziobe.

Dinozaury są tylko najbardziej spektakularną częścią bogatego świata żywego Gobi w późnej kredzie. Każda kolejna ekspedycja wzbogaca wiedzę o jego różnorodności i złożoności stosunków między organizmami. Poniżej przedstawiam ich pobieżny przegląd.

Organizmy gobijskiej późnej kredy

Flora. Flory azjatyckie i północno-wschodnioamerykańskie późnej kredy wykazują dużą zbieżność. Na podstawie znalezisk kopalnego pyłku zaliczone zostały do jednej prowincji palinologicznej, zdominowanej przez pyłek typu *Aquilapollenites*. Wytwarzały go wiatropylne rośliny drzewiaste pokrewne dzisiejszemu bluszczowi i doniczkowym araliom. Rosły w zimozielonych lasach złożonych z drzew iglastych, liściastych i palm. W Ameryce Północnej, znacznie lepiej rozpoznanej paleobotanicznie niż Azja, udało się wykazać regionalne różni-

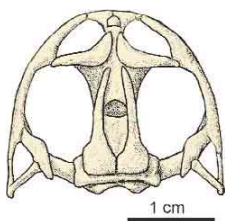


Czaszka dinozaura pancerneho *Saichania* z formacji Barun Gojot

Rekonstrukcja wij
(krocionoga), *Gobiulus
sabulosus* z formacji
Barun Gojot



Rekonstrukcja czaszki
kredowej ropuszki
Gobiates z formacji
Barun Gojot



cowanie flory, związane z ukształtowaniem terenu – od nizinnych mokradł i zarośli namorzynowych po górskie lasy i sucholubny busz. Południowo-wschodnia część Ameryki Północnej należała wtedy do prowincji Normapolles, podobnie jak Europa. Dominował w niej pyłek wytwarzany przez przodków dzisiejszych platanów o opadających na zimę liściach. Prowincję tę wyróżniały suche zimy i większy udział roślinności krzewiastej.

Stosunkowo gruboziarniste piaskowce przeważające na pustyni Gobi nie sprzyjają fosylizacji roślin. Kredowa flora regionu gobijskiego pozostawiła po sobie jedynie nieliczne szczątki. Można przypuszczać, że w ekosystemie związanym z formacją Barun Gojot roślinność była nieco bujniejsza. W pustynnym ekosystemie, którego pozostałości kryją skały formacji Dżadochta występowała zapewne uboga roślinność kserofityczna. W ostatnim kredowym ekosystemie Mongolii (któremu odpowiada formacja Nemegt) zbiorniki wodne porastały łąki ramienic, jak tego dowodzą wapienne osłonki przetrwałników tych słodkowodnych glonów. W wodzie rosły lotosy (*Nelumbo*). Nad brzegami rosły skrzypy, jakieś rośliny podobne do trzciny (odciski takich łodyg nazywane są „*Phragmites*”), paprocie, sagowce, iglaste i miłorzęby. Skrzemionkowane pnie iglastych (identyfikowane jako *Araucarioxylon* i *Libocedrus*) znaleziono w formacji Nemegt wraz z odciskami pędów podobnych do tui, a także śladami korzeni roślin w poziomach gleb kopalnych. Rośliny iglaste reprezentowane są też przez wymarłe szerokolistne *Podozamites*. W formacji Nemegt odkryto też skamieniałe nasiona okrytozalążkowych.

Bezkęgowce. Wraz z ramienicami w skałach kredowych Gobi występują wapienne skorupki słodkowodnych małżoraczków (głównie z rodzaju *Cypridea*), a także słodkowodnych małży i ślimaków.

Zwapienialemu pancerzowi zawdzięczają też zachowanie w stanie kopalnym dość liczne krocionogi z formacji Barun Gojot. Podobne były do dzisiejszych cylindrycznych krocionogów z tropikalnej Azji i Ameryk.

Świat późnej kredy zasiedlały już prawie wszystkie główne grupy owadów dzisiejszych poza dziennymi motylami i pszczołami. Szczątki owadów źle się zachowują w warunkach panujących na Gobi. W formacji Dżadochta i Barun Gojot zachowały się jednak skamieniałe odlewy kokonów owadów padlinożernych, zapewne chrząszczy, towarzyszące szkieletom dinozaurów, a także drażnienia przodków dzisiejszych chrząszczy skórników (*Dermestidae*) w kościach. W formacji Nemegt w Altan Uła (Altan Uul) odkryto natomiast szczątki liściożernych chrząszczy stonkowatych (*Donaciinae*).

Płazy. Okresowo wysychające zbiorniki wodne Gobi zapewne nie sprzyjały rozwojowi ryb. Nieoznaczalne gatunkowo rybce żebra znajdowano w osadach jeziornych formacji Nemegt, a także Barun Gojot. Wody z pewnością wystarczało jednak do rozwoju płazów.

Drobne kostki płazów nie są łatwe do znalezienia ani rozpoznania. Pierwsze szczątki kredowego płaza bezogonowego (niekompletna czaszka i obręcz barkowa) z formacji Barun Gojot w Chermin Caw (Hermin Tsav) należały do *Gobiates leptocolaptus*. To przedstawiciel ropuszkowatych (*Discoglossidae*), zbliżony nieco do naszych nieco mniej pierwotnych kumaków (*Bombina*), których kręgi są wklęsłe tylko z tyłu i mają krótkie żebra; te niewielkie ropuszki nie potrafią jeszcze chwycić owadów językiem. *Gobiates* jest znany również z formacji Dżadochta w Udan Sajr (Udan Sair) a pokrewna *Altanulia* ze stanowiska formacji Nemegt w Altan Uła (Altan Uul II). Można przypuszczać, że dorosłe osobniki, podobnie jak większość ich dzisiejszych krewniaków, prowadziły raczej lądowy tryb życia, być może za dnia kryjąc się w norach, a w dzień wychodząc na poszukiwanie bezkręgowców, którymi się żywiły. Powiększające się po deszczach okresowe zbiorniki wodne musiały trwać wystarczająco długo, by ze skrzeku mogły się rozwinąć kijanki i przejść przeobrażenie.

Żółwie. Dzięki zrogowaciałemu naskórkowi i wydalaniu związków azotowych w postaci kryształków kwasu moczowego (zamiast roztworu mocznika) gady znacznie lepiej od płazów radzą sobie w suchym klimacie. Nic dziwnego, że w kredzie Gobi wraz z dinozaurami żyło wiele gatunków

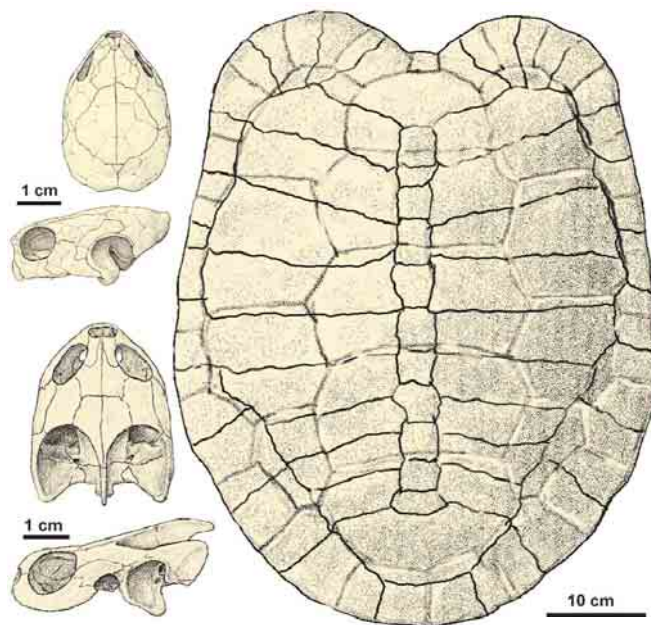
żółwi, jaszczurek i krokodyli. Z Gobi znanych jest kilkanaście gatunków późnokredowych żółwi, reprezentujących około 10 rodzajów. W formacji Nemegt odkryto szczątki prymitywnych anatomicznie żółwi *Mongolochelys*, o wielkim pancerzu do 80 cm długości, zamieszkujących wody stojące. Wymarłą grupę o niejasnych pokrewieństwach reprezentują tam wodne *Haichemys* mierzące jedynie 20 cm długości.

Słodkowodne żółwie licznie występowały na Gobi już w formacji Bajn Szire. Byli wśród nich przodkowie dzisiejszych żółwiaków, czyli żółwi trójpazurowych o pancerzu kostnym pokrytym miękką skórą i nozdrzami tworzącymi ryjek, których pospolitym przedstawicielem w południowej Azji jest *Trionyx*. Pancerz niektórych spośród tych kredowych żółwi osiągał 70 cm długości, a głowa była bardzo duża (około jednej trzeciej długości pancerza). Należąca do tej grupy *Zangerlia* miała stosunkowo wypukły pancerz, jak żółwie lądowe, ale była raczej żółwiem słodkowodnym, któremu silne kończyny przednie pomagały poruszać się po dnie i trzymać podłoża w warunkach silnego prądu wody. Miniaturowe rozmiary miała natomiast *Mlynarskiella*. Kopalne szczątki bardziej nowoczesnych *Amyda* i *Platypeltis* spotyka się w osadach formacji Nemegt.

W formacjach Barun Gojot i Dżadochta przodkom żółwi trójpazurowych towarzyszą osiągający jedynie 15 – 40 cm długości pancerza odlegli krewniacy żółwia błotnego (*Emys orbicularis*). W formacji Nemegt to *Mongolemys* i *Gravemys*, a w formacji Barun Gojot *Hongilemys*. *Mongolemys* przypomina żółwia błotnego pokrojem ciała i wieloma cechami morfologicznymi.

Fauna żółwi regionu gobijskiego obejmuje wiele form endemicznych dla tego regionu lub dla Azji, ale niektóre grupy zdołały się pod koniec kredy rozprzestrzenić także na inne kontynenty, szczególnie do Ameryki Północnej.

Jaszczurki. W późnej kredzie rozdzielone już były główne pnie rozwojowe jaszczurek. Pierwsze szczątki jaszczurek z Gobi zostały znalezione przez amerykańskie wyprawy z lat 20. XX wieku w malowniczym odsłonięciu czerwonych piaskowców formacji Dżadochta w Bajn Dzak (Bayan Zag), wówczas znanego jako Płonące Skały (Flaming Cliffs) lub Shabarakh Usu. Był wśród nich waran *Telmasaurus*. W warstwach tych wy-



Rekonstrukcja czaszki żółwia *Mongolochelys* z formacji Barun Gojot (z boku i od dołu), oraz czaszki i pancerza (od strony grzbietowej) *Mongolemys* z formacji Nemegt

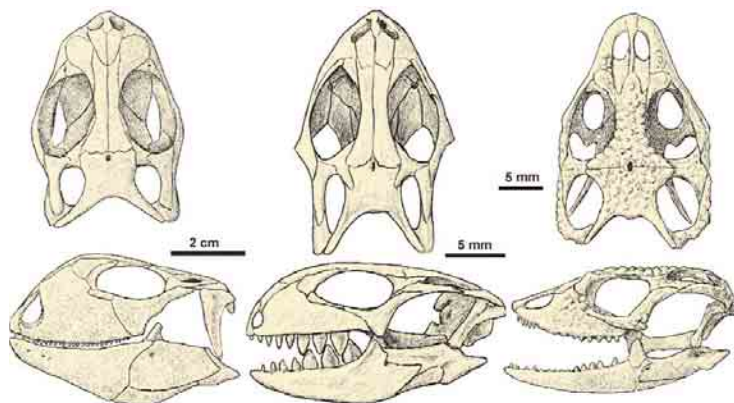
stępuje zresztą więcej przedstawicieli tej grupy (*Estesia*, *Saniwides* i *Cherminotus*), a w Chulsan także formy o mniej jednoznacznych pokrewieństwach (*Paravaranus*). Znajdźiska z Gobi to najstarszy zapis kopalny waranów, które w paleocenie rozprzestrzeniły się także do Ameryki Północnej i Europy, a dziś zasiedlają ciepłe regiony Starego Świata i Australię. Warany mają zęby przyrośnięte do wewnętrznych krawędzi szczęk i łuski tworzące mozaikę „tarczerek rogowych”.

Jaszczurki bardziej od waranów zaawansowane ewolucyjnie mają łuski zachodzące na siebie dachówkowato i z ostrymi żebrami. Jest to typowe dla scynków, jaszczurek ciepłego klimatu o niemal kosmopolitycznym rozprzestrzenieniu. Pod ich rogowymi łuskami występują kostne płytki, które na głowie zrastają się z kośćmi czaszki i zakrywają otwory skroniowe. Jaszczurki z tej gałęzi rozwojowej żyły też w kredzie Gobi. *Proplatynotia*, *Gobiderma* i *Parviderma* z Chulsan należą być może do linii

Szkielet jaszczurki *Gilmoreteius* z formacji Dżadochta



Rekonstrukcje czaszek
jaszczurek
Darchanosaurus
z formacji Barun Gojot
oraz *Adamisaurus*
i *Priscagama* z formacji
Dzadochta



Dzak znaleziono ich wczesnego przodka (*Bainguis*). Nie wiadomo, czy już wówczas cechowała je tendencja do redukcji nóg. Zwykle beznogie są również ryjące w glebie amfisbeny. Z odpowiednika formacji Dzadochta w Bayan Mandahu opisano najstarszego na świecie dobrze zachowanego przedstawiciela amfisben, *Sineoamphisbaena*. Dzisiejsze amfisbeny to jedne z niewielu gadów, których ciało nie jest pokryte łuskami; ich skóra tworzy jednak wyraziste wielokątne pola i pierścienie przypominające łuski.

Regularny układ rogowych tarczki na głowie i łuski na powierzchni ciała (szczególnie brzusznych) cechuje również amerykańskie jaszczurki teju (*Teius*), będące bliskimi odpowiednikami naszych europejskich jaszczurek. Pokrewny był im *Gilmoreteius* z Bajn Dzak oraz nieco młodsze *Darchanosaurus*, *Erdenetosaurus* i *Cherminosaurus* z Chermin Caw. *Leptochamops* z formacji Nemegt w Cagan Chuszu (Tsagaan Khushuu) należy do wymarłej linii rozwojowej z tej samej grupy jaszczurek, znanej też z późnej kredy Ameryki Północnej. W późnej kredzie była to grupa znacznie bardziej zróżnicowana niż dziś i na Gobi reprezentowały ją liczne formy z formacji Dzadochta (*Conicodontosaurus*), Barun Gojot w odsłonięciach Chermin Caw (*Mongolochamops*, *Altanteius*, *Gobinatus*, *Parameiva*, *Prodentia*, *Piramecephalosaurus* i *Tchingisaurus*), Chulsan (*Barungoia* i *Gurvansaurus*) oraz Tugrik (Tögrögiin Shiree; *Dzhadochtasaurus* i *Gurvansaurus*). Najpospolitszą jaszczurką w Bajn Dzak, Chulsan i Chermin Caw była *Slavoia*; jej krewniaczką była *Eoxantha*.

Osobną gałąź rozwojową wymarłych scynków reprezentował *Adamisaurus magnidentatus*, z powiększonymi zębami, zwłaszcza w tylnej części szczęk. Liczne czaszki i szkielety pozaczaszkowe tych jaszczurek odkryto w osadach formacji Dzadochta w Bajn Dzak, a także w Chinach, oraz w osadach formacji Barun Gojot (co przemawia za ich równowiekowym pochodzeniem). Najbliższym znanym krewniakiem adamizaura wydaje się północno-amerykański *Peneteius*.

Kredowy świat Gobi zasiedlały też gekony, nieco bardziej zaawansowane drobne jaszczurki, których ciało okryte jest drobnymi tarczками z rzędami większych łusek. Dzisiejsze gekony sławne są z umiejętności łożenia po bardzo gładkich pionowych powierzchniach dzięki szczególnym modyfikacjom łusek na podszewkach stóp, pokrytych mikroskopijnymi rogowymi szczoteczками. W Chermin Caw występuje już wówczas reliktowa *Globaura*. Nowoczesne gekony, a wśród nich *Gobekko* z Bajn Dzak, cechuje zanik górnego łuku skroniowego w czaszce.

Zadziwiającym aspektem kredowej fauny jaszczurek Gobi jest występowanie w niej legwanów, dziś charakterystycznych dla Nowego Świata. Legwany zachowały do dziś pierwotne bocznie osadzone zęby i nieregularną okrywą łusek. *Polrussia* i *Igua* z Chulsan należały zapewne do linii rozwojowej kolczastych frynosom, pustynnych jaszczurek amerykańskich. Pierwotne legwany zostały najprawdopodobniej wyparte z Azji przez powstałe tam, bardziej zaawansowane ewolucyjne agamy.

Agamy mają mocne, nie podlegające wymianie zęby na krawędziach szczęk i krótkie pyski. *Priscagama*, *Cretagama*, *Mimeosaurus*, *Pleurodontagama* i inne rodzaje, znane głównie z formacji Dzadochta, obrazują różnorodność tej grupy w kredzie Gobi.

Ogółem z kredy Mongolii opisano do dziś przedstawicieli około dwudziestu rodzajów jaszczurek, nierzadko obejmujących po kilka-kilkanaście gatunków. Największe zróżnicowanie przypada na formacje Dzadochta i Barun Gojot, w których zachowały się tysiące skamieniałości jaszczurek. Obfitość ta może wynikać z korzystnych warunków fosylizacji, ale także odzwierciedlać realny szczyt bioróżnorodności jaki wystąpił za sprawą czynników paleobiogeograficznych. Mianowicie u schyłku kredy do

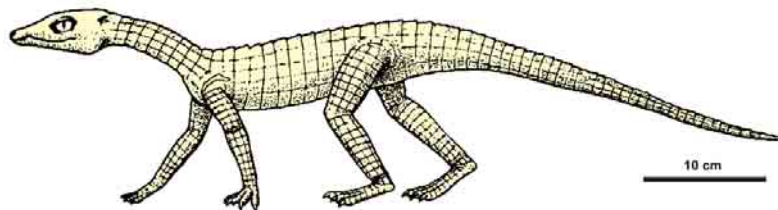
rodzin powstałych w Azji w jurze i wczesnej kredzie (np. *Mongolochamopidae* czy *Slavoiidae*) oraz w późnej kredzie (np. *Varanidae*, *Paravaranidae*, *Gilmoreteiidae* i *Priscagamidae*) dołączyli przedstawiciele nowych rodzin, o amerykańskim rodowodzie (*Teiidae*, *Anguidae* i *Hoplocercidae*). Z kolei, korzystając z powstałego wówczas połączenia obu kontynentów, do Ameryki przedostali się przedstawiciele niektórych rodzin azjatyckich. W mastrychcie, ostatnim wieku kredy, zróżnicowanie jaszczurek zmalało, co może się wiązać z przerwaniem owej wymiany fauny i lokalną eliminacją niektórych grup przez konkurencję.

Krokodyle. W późnej kredzie Gobi siedliśka ziemnowodnych krokodyli skurczyły się do okresowo wysychających zbiorników. Najbardziej niezwykły gobijski krokodyl, *Gobiosuchus kielanae* z Bajn Dzak był niewielkim gadem lądowym, poruszającym się na smukłych kończynach, okrytych podobnie jak tułów pancerzem z kostnych płytek. Stosunkowo mała i osadzona na dość długiej szyi czaszka miała wtórnie zarośnięte górne okna skroniowe i krótki pysk uzbrojony w drobne ząbki, nadające się jedynie do chwytania drobnych zwierząt, być może owadów. Na pierwszy rzut oka nie kojarzy się więc z tą grupą gadów. Podobny, znany z tej samej formacji Dżadochta *Artzousuchus brachycephalus* miał niezarośnięte, romboidalne górne okna skroniowe.

Filogenetycznie bliski przodkom dzisiejszych krokodyli był azjatycki *Shamosuchus*, jak świadczy o tym m. in. brak otworu żuchwowego i inne szczegóły anatomiczne. Znany jest nie tylko z osadów słodkowodnych – oprócz jezior i rzek zamieszkiwał także słonawe wody przybrzeżne i deltowe. Niektóre gatunki miały spłaszczone zęby z tyłu szczęk, co świadczy o tym, że krokodyle te uzupełniały dietę miazdżonymi małżami bądź skorupiakami. Z Gobi pochodzą różne gatunki tego rodzaju: *Shamosuchus djadochtaensis* z Bajn Dzak, a z formacji Nemegt – *S. ancestralis* i *S. tersus*. Były to drapieżniki o pokroju aligatorów, osiągające do 4 m długości.

Ssaki. Choć są rówieśnikami dinozaurów – obie grupy pojawiły się w późnym triasie – ssaki przez dwie trzecie swych dziejów pozostawały w cieniu olbrzymów. Ich mezozoiczne szczątki są rzadkie, gdyż ówczesne ssaki były drobnymi, nocnymi zwierzętami,

zazwyczaj wielkości myszy lub szczura, najwyżej kota. Ich delikatne kości miały niskie szanse fosylizacji i zauważenia przez paleontologów. Dlatego niepozorne znalezi-



Szkielet (z pancerzem tarczok kostnych) reliktowego już w kredzie małego krokodyla *Gobiosuchus kielanae* z formacji Dżadochta

ska skamieniałości naszych mezozoicznych praprzodków (zwykle pojedyncze zęby) są dla paleontologów trofeami cenniejszymi od dinozaurów. Dobrze zachowane znaleziśka gobijskie są więc wyjątkowym oknem na świat wczesnych ssaków; odkryto tam czaszki (w tym odlewy puszek mózgowych), a także bardzo rzadkie na świecie szkielety pozaczaszkowe.

Pierwsze, nieliczne i zdekompletowane pozostałości mezozoicznych ssaków odkryły na Gobi już wyprawy amerykańskie w Bajn Dzak. Dopiero jednak Polsko-Mongolskie Wyprawy Paleontologiczne dokonały przełomu w rozpoznaniu późnokredowej azjatyckiej fauny ssaków. Żmudnie przeczesując teren zebrano aż 180 okazów, w tym wiele kompletnych czaszek i szkieletów pozaczaszkowych reprezentujących różne grupy systematyczne. Dzięki temu polskie zbiory stały się jednymi z najbogatszych na świecie, a kierowniczką wypraw, Zofia Kielan-Jaworowska – czołową światową specjalistką w tej dziedzinie. Minione dekady przyniosły znaleziska dokonywane przez inne wyprawy, w tym mongolsko-amerykańskie, w badanym od lat 90. stanowisku Ucha Tołgod (Ukhaa Tolgod), z ciekawą fauną typową dla formacji Dżadochta, ale z domieszkami gatunków znanych z formacji Barun Gajot. Zebrano tam kilkaset skamieniałości ssaków, reprezentujących jednak często gatunki już wcześniej opisane.

Najlicniejszą grupą ssaków późnokredowych były wieloguzkowce (*Multituberculata*). Zawdzięczają swą nazwę charakterystycznym zębom przedtrzonowym i trzonowym, których korony były pokryte licznymi guzkami tej samej wysokości. Te niewielkie roślinożerne lub wszystkożerne zwierzęta, będące mniej więcej ekologicznymi odpowiednikami gryzoni, miały charakterystyczne długie, stale rosnące siekacze. Nie należały do ssaków właściwych (obejmujących torbacze i łożyskowce), ale budowa miedni-

cy sugeruje, że były już żyworodne (z bardzo małymi noworodkami, jak u torbaczy). Kończyny były rozstawione szeroko na boki – jak u gadów czy stekowców. Zapewne wieloguzkowce ryły w ziemi nory.

Mongolscy przedstawiciele tej grupy znani są od wczesnej kredy. W toku ich późnokredowej ewolucji rozrastał się czwarty ząb przedtrzonowy w żuchwie, przekształcając się stopniowo w półkolistą piłę



Rekonstrukcja szkieletu multituberkulata Kryptobaatar z formacji Dżadochta

Ogółem z późnej kredy Gobi znamy kilkanaście gatunków multituberkulatów z rodzajów *Djadochtatherium*, *Bulganbaatar*, *Kamptobaatar*, *Kryptobaatar*, *Sloanbaatar*, *Tombaatar*, *Catopsbaatar*, *Nessovbaatar*, *Chulsanbaatar* i *Nemegtbaatar*, zaliczanych do endemicznej dla Azji nadrodziny Djadochtatherioidea. Z mongolskiej formacji Dżadochta pochodzą szczątki sześciu gatunków, z formacji Barun Goyot – czterech. Formacja Nemegt jest uboga w szczątki drobnych kręgowców, prawdopodobnie ze względu na charakter sedymentacji; jedynym gatunkiem ssaka opisanym ze skał najmłodszej kredy Gobi jest *Bulganbaatar transaltaiensis*, multituberkulat o niejasnej pozycji systematycznej.

Rekonstrukcja szkieletu ssaka łożyskowego Zalambdalestes z formacji Dżadochta



jest *Bulganbaatar transaltaiensis*, multituberkulat o niejasnej pozycji systematycznej.

Torbacze z pustyni Gobi należą do deltateridiów (*Deltatheroidea*), takich jak opisane już w 1925 roku *Deltatheridium pretrituberculare*. Znanie jest z formacji Dżadochta i Barun Goyot (czaszka innego, większego przedstawiciela torbaczy została znaleziona w stanowisku Guriliin Tsav w skałach formacji Nemegt, ale nie nadano jej jeszcze nazwy). Były to spore jak na mezozoik ssaki – głowa 4 do 7 cm długości; uzębienie wskazuje na drapieżny tryb życia. Z torbaczami spokrewnione było także *Asiatherium reshetovi* z formacji Barun Goyot opisane w 1994 roku na podstawie prawie kompletnego szkieletu. W Ameryce Północnej torbacze były wówczas grupą znacznie pospolitszą.

W zapisie kopalnym późnej kredy Gobi liczniej od torbaczy reprezentowane były łożyskowce. Były drobnymi ssakami, przypominającymi rozmiarami i zapewne także trybem życia dzisiejsze owadożerne, takie jak ryjówki. Były więc prawdopodobnie nocnymi drapieżnikami polującymi na drobne bezkręgowce, kierując się bardziej węchem i słuchem niż wzrokiem. Miały liczne zęby o ostrych guzkach, nadających się do przytrzymywania ofiar i przebijania ich pancerzyków.

Najprymitywniejszym późnokredowym ssakiem łożyskowym Mongolii był *Kennalestes gobiensis* opisany na podstawie kilku czaszek znalezionych w Bajn Dzak w formacji Dżadochta. Dla formacji Nemegt charakterystyczny jest zaś *Asioryctes nemegetensis*. Do tej samej gałęzi rozwojowej należy nieco starsze *Ukhaatherium nessovi* z Uchaa Tołgod. Wykazują one podobieństwa do ssaków znanych z paleogenu Ameryki Północnej.

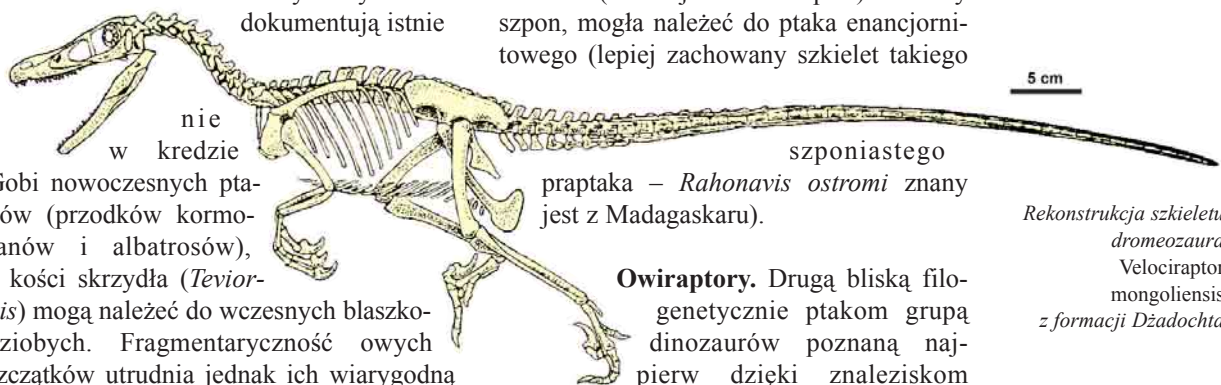
Jednym z pierwszych odkrytych na świecie mezozoicznych ssaków łożyskowych był *Zalambdalestes lechei* z Bajn Dzak. Po 80 latach od pierwszego znaleziska znanych jest dwadzieścia kilka okazów (z czego połowa w zbiorach Instytutu Paleobiologii PAN), dzięki wyprawom z różnych krajów penetrującym odsłonięcia formacji Dżadochta. Kilku okazów podobnego, choć nieco mniejszego przedstawiciela tej samej grupy, *Barunlestes butleri*, odkryto w formacji Barun Goyot. Czaszki zalambdalestydów mają 3-5 cm długości. Długie kończyny tylne sugerują, że zwierzęta te poruszały się skacząc i biegając jak dzisiejsze ryjkonosy (*Macroscelides*).

Znaleziska ssaków kredowych z Mongolii posłużyły początkowo do zestawienia ich z wcześniej poznaną fauną Ameryki Północnej i były jedną z przesłanek datowania warstw z Gobi. W miarę odkrywania skamieniałości ssaków w innych regionach okazało się jednak, że fauna kredowa Mongolii była endemiczna dla Azji i najbardziej zbliżone zespoły gatunków można znaleźć w Kazachstanie. Oznacza to, że wymiana ssaków między Azją a Ameryką Północną była w późnej kredzie ograniczona.

Ptaki. W późnej kredzie niebem władowały już ptaki. Pierwsze skamieniałości kredowych ptaków z Gobi zostały odkryte w Chulsan w piaskowcach formacji Barun Goyot. Najwięcej informacji jest o *Gobipterus*.

ryx minuta – fragmentaryczne szkielety, w tym dwie niekompletne czaszki i zarodki ptaków odkryte w jajach z Chermin Caw w osadach tej samej formacji oraz dalsze szczątki z Ucha Tołgod. Gobipteryks jest przedstawicielem wymarłej z końcem mezozoiku grupy Enantiornithes, ptaków stanowiących dominującą liczebnie grupę w awifaunie kredowej. Do tego samego gatunku należą szczątki z Chermin Caw (bezzębny dziób i znaczną część szkieletu pozaczaszkowego) omyłkowo zaliczone do osobnego rodzaju (*Nanantius*). Do ptaków enancjornitowych należały wydłużone jaja o cienkiej skorupie (grubość poniżej 1 mm) i ptasim typie skorupki.

W formacji Nemegt w Guriliin Tsav znalezione zostały kości skrzydeł i pasa barkowego większego ptaka, *Gurilynia*, a w Bugin Caw (Bügiin Tsav) niekompletna kość skokowa przypuszczalnie należąca do niewielkiego latającego krewniaka hesperornisów, znanych z Ameryki Północnej dużych uzębionych nielotnych ptaków morskich. Ma je reprezentować również pojedynczy kręg *Judinornis* z Nagon Caw (Nogoon Tsav). Fragmenty łopatek i kości widelkowych być może dokumentują istnie



Gobi nowoczesnych ptaków (przodków kormoranów i albatrosów), a kości skrzydła (*Tevionis*) mogą należeć do wczesnych blaszkodziobych. Fragmentaryczność owych szczątków utrudnia jednak ich wiarygodną klasyfikację. W 2001 roku w Ucha Tołgod odkryty został jednak dobrze zachowany szkielet najprymitywniejszego znanego ptaka o mechanice lotu zbliżonej do dzisiejszych ptaków, *Apsaravis ukhaana*. Był to ptak wielkości gołębia.

Świadczy to o dużej różnorodności fauny ptaków w kredzie Gobi, dając nadzieję na jeszcze bardziej spektakularne znaleziska.

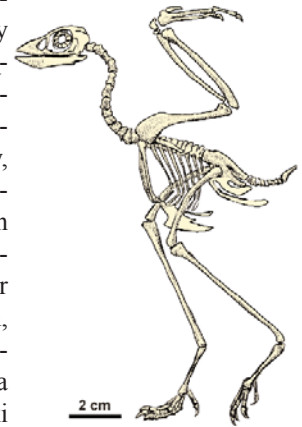
Dromeozaur. Najszerzej chyba znanym mongolskim dinozaurem jest *Velociraptor mongoliensis*, pierwszy opisany przedstawiciel grupy dromeozaurów, odznaczającej się charakterystycznym sierpowatym szponem na unoszonym do góry drugim palcu stopy. Dromeozaurzy mają cechy zbliżające je do

wczesnych ptaków – poczynając od budowy stosunkowo długich jak na teropody kończyn przednich o budowie umożliwiającej ich składanie jak skrzydeł (dzięki półksiężycowatej kości nadgarstka) po odginającą się ku tyłowi kości łonowe miednicy, u innych teropodów skierowane ku przodowi. Jak świadczą o tym znaleziska chińskich krewniaków z wczesnej kredy, miały okrywy ciała podobne do piór. *Velociraptor* miał około 2 m długości, wraz z długim, usztywnionym cienkimi wyrostkami kręgowym ogonem, służącym do balansowania podczas gwałtownych manewrów. Szczątki *velociraptora* odkryto w Bajn Dzak już podczas pierwszych amerykańskich wypraw na Gobi. Najbardziej fascynujący jest jednak odkryty pół wieku później przez polskich paleontologów okaz z Tugrig – wczesny protoceratops. Szczątki *velociraptorów* odkryto także w osadach formacji Barun Gajot, a bliskich krewniaków także w formacji Nemegt (*Adasaurus mongoliensis*). W Ucha Tołgod odkryto pozostałości zarodków owiraptorów.

Stopa *Hulsanpes perlei* z formacji Barun Gajot, wyposażona w typowy dla dromeozaurów (takich jak *velociraptor*) ruchomy szpon, mogła należeć do ptaka enancjornitowego (lepiej zachowany szkielet takiego

praptaka – *Rahonavis ostromi* znany jest z Madagaskaru).

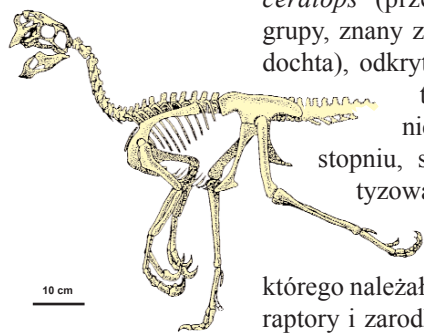
Owiraptory. Drugą bliską filogenetycznie ptakom grupą dinozaurów poznaną najpierw dzięki znaleziskom z Gobi są owiraptory, o charakterystycznych wysokich a krótkich bezzębnych dziobach, służących im zapewne do rozgryzania twardego pożywienia lub jaj. Bardzo nawiązującą do ptaków cechą była silna pneumatyzacja szkieletu (puste kości). Pierwszego przedstawiciela tej rodziny nazwano *Oviraptor philoceratops*, gdyż jego szkielet znaleziono nad gniazdem wydłużonych jaj. Amerykańscy odkrywcy uznali owe jaja za należące do najpospolitszych w Bajn Dzak dinozaurów, protoceratopsów, i zinterpretowali znalezisko w ten sposób, że owiraptor próbował podjadać cudze jaja, a rozszłośceni rodzice go zabili. W latach 90. XX wieku odkrycia kolejnych szkieletów owiraptorów na kolistych skupieniach



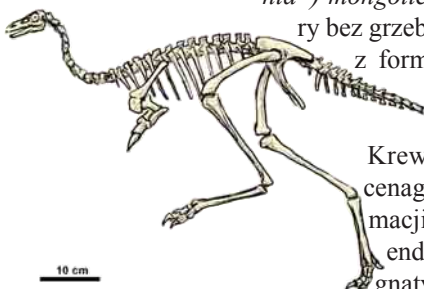
Rekonstrukcja szkieletu ptaka Gobipteryx z formacji Barun Gajot

Rekonstrukcja szkieletu dromeozaura Velociraptor mongoliensis z formacji Dżadochta

Rekonstrukcja szkieletu *Oviraptor philoceratops*, czaszka *Conchoraptor* i rekonstrukcja czaszki *Citipati osmolskae* z formacji Dżadochta oraz wysokogrzebienia czaszka *Rinchenia mongoliensis* z formacji Nemegt,



Szkielet alwarezaura *Mononykus olecranus* z formacji Dżadochta



jaj – trzy z Ucha Tołgod i jeden z Bajan Mandahu, oraz znaleziska zarodków owiraptorów w jajach wykazały, że rzekomi rabusie jaj byli w rzeczywistości troskliwymi rodzicami, chroniącymi swe niewyklute potomstwo z narażeniem życia. Być może więc siedzące na gnieździe samice osłaniały jaja przed żarem pustyni. Jaja ułożone były w wianuszek, często tworząc pary, zapewne znośzone były równocześnie z obu jajowodów. Skorupka o ptasiej ultrastrukturze pokryta była ornamentem z wyraźnych guzków układających się w podłużne szeregi.

Oprócz *Oviraptor philoceratops* (przedstawiciel tej grupy, znany z formacji Dżadochta), odkryto większe gatunki, z rozwiniętym w różnym stopniu, silnie spneumatyzowanym grzebieniem na czaszce. Najśłynniejszy z nich, do którego należały wysiadujące owiraptory i zarodki z Ucha Tołgod, nazwano *Citipati osmolskae*. Zachowały się nawet delikatne kosteczki słuchowe, kość gnykowa krtani i tarczki pierścienia twardówkowego oka. W tym samym stanowisku odkryto też gatunek *Khaan mckennai*. Szczególnie wysoki grzebień miał znany z formacji Nemegt *Oviraptor* („*Rinchenia*”) *mongoliensis*. Znane są też owiraptory bez grzebienia: *Conchoraptor gracilis* z formacji Barun Gojot i *Ingenia yanshini* z formacji Nemegt.

Krewniakiem owiraptorów był cenagat *Elmisaurus rarus* z formacji Nemegt (o ile owiraptory są endemiczne dla Azji, to cenagnaty zasiedliły także Amerykę Północną), a także *Nomingia gobiensis*, niedawno opisana na podstawie szkieletu pozaczaszkiowego ze zrośniętymi kręgami końca ogona jak u ptaków (pygostylem).

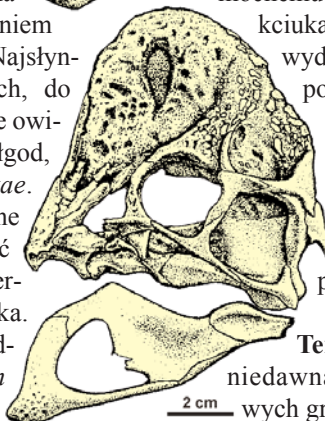
Osobliwym ptasiopodobnym teropodem jest około metrowej długości *Avimimus portentosus* z formacji Dżadochta. Miał bardzo długie kończyny tylne, ptasiopodobne przed-

nie (ze zrośniętymi kośćmi śródrecza) i niewielką, krótką głowę zakończoną bezzębnym dziobem. Jego powiązania filogenetyczne pozostają niepewne.

Alwarezaury. Alwarezaury z formacji Dżadochta uważane są przez jednych badaczy za teropody wtórnie upodobnione do ptaków, przez innych – za wtórnie nielotne praptak. Świadczą o tym szczegóły budowy ich czaszki, w tym charakterystyczne dla ptaków ruchome połączenia stawowe między górną szczęką a mózgowicą, a także poszlaki wskazujące na obecność piór. Znane głównie z Ucha Tołgod alwarezaury *Mononykus olecranus* i *Shuvuuia deserti* były smukłymi bezzębnymi dwunogami o skrajnie zredukowanych kończynach przednich. *Mononykus* zawdzięcza nazwę jednemu, za to mocnemu ich pazurowi (na odpowiedniku kciuka). Być może do nich należały wydłużone jaja o cienkiej skorupie podobne do ptasich.

Alwarezaury znane są też z obu Ameryk (najprymitywniejszy, *Alvarezsaurus*, z santonu Argentyny), co wskazuje na to, że do Azji mogły przywędrować przez Amerykę Północną.

Terizinozaury (segnozaury). Do niedawna jedną z najbardziej zagadkowych grup dinozaurów były terizinozaury. Pół wieku temu opisano odkryte na pustyni Gobi szczątki jako... żółwia morskiego *Therezinosaurus cheloniformis*. Po latach rozpoznano w nim osobliwego teropoda o bardzo długich kończynach przednich, zakończonych pazurami, mającymi kształt metrowej długości kosi. Skamieniałe kości kończyn terizinozaurów znane są z osadów rzecznych i jeziornych formacji Nemegt. W ostatniej dekadzie okazało się, że do tej samej grupy należały także formy opisywane jako pokrewne prozauropody – mongolski *Segnosaurus* czy chiński *Nanhsiungosaurus* odznaczające się nietypową dla dinozaurów drapieżnych budową masywnej miednicy, której kości odchylone są ku tyłowi. Do połączenia różnych elementów anatomicznej układanki, terizinozaurowych kończyn z segnozaurową miednicą, i przypisania im właściwej czaszki, przyczyniły



się znaleziska *Erlikosaurus andrewsi* z formacji Bajn Szire oraz wczesnokredowego *Alxasaurus* z chińskiej Mongolii Wewnętrznej. Niedawne chińskie znaleziska skamieniałych jaj z zarodkami oraz upierzonego okazu *Beipiaosaurus* podkreślają bliskie pokrewieństwo terezinozaurów z zaawansowanymi, ptasiopodobnymi teropodami. Jaja były kuliste (jak zauropodów) ale wyróżniały się m. in. liczniejszymi porami oddechowymi. Zredukowane uzębienie z przodu szczęk, odgięta ku tyłowi miednica (co sugeruje rozbudowane trzewia), a także koprolity (skamieniałe odchody) i gastrolity (połykane kamienie służące do rozcierania pokarmu w żołądku) wskazują, że terezinozaurow przystosowały się do nietypowej dla teropodów diety roślinnej lub wszystkożerności.

Ornitomimy. Nietypowo dla teropodów mogły się odżywiać ornitomimy — kolejna grupa teropodów znana z kredy Azji i Ameryki Północnej, długonogich, długoszyich i bezzębnych, sylwetką i rozmiarami przypominających strusia (tyle, że z długimi ogonami i trójpalcymi kończynami przednimi). Zapewne przypominały strusia również trybem życia i zdolnością do bardzo szybkiego biegu (uważane są za najszybsze dinozaury). Niedawne znaleziska sugerują, że były one filtratorami, cedzącymi z wody drobne żyjątka za pomocą rogowych blaszek na krawędzi dzioba. Największy, 6-metrowej długości przedstawiciel tej grupy z Gobi to *Gallimimus bullatus*, którego liczne szkielety, także młodych osobników, wydobły polsko-mongolskie wyprawy ze skał formacji Nemegt. Jego dwukrotnie mniejszy rówieśnik *Anserimimus planinychus* znany jest wyłącznie z niekompletnego szkieletu kończyn. Prymitywniejszy *Garudimimus brevipes* z formacji Bajn Szire miał jeszcze pierwszy palec stopy, który zanikł u późniejszych form. Niedawno opisane pochodzące znalezisko grupy szkieletów dwójki dorosłych i kilku młodocianych osobników *Sinornithomimus dongi* z datowanej na początek późnej kredy formacji Ulaansuhai w Mongolii Wewnętrznej — być może zasypanych jednocześnie przez burzę piaskową — wskazuje na opiekę nad potomstwem, i to dość podrośniętym. Nie wiadomo jednak, czy ornitomimy tworzyły duże stada. Znalezisko stadka sinornitomimów przynio-

sło natomiast ważną przesłankę dotyczącą diety ornitomimów — szkieletom towarzyszyły skupiska gastrolitów w okolicach jamy brzusznej, służące zapewne rozcieraniu pokarmu roślinnego. Wczesnokredowe znaleziska wskazują na eurazjatycki rodowód tej grupy, w późnej kredzie zaawansowane ornitomimy zdołały także zasiedlić zachodnią część Ameryki Północnej.

Do ornitomimozaurów mógł także należeć olbrzymi dinozaur z formacji Nemegt, nazwany *Deinocoelurus mirificus*. Zachowały się jednak tylko jego długie na 2,5 m trójpalcie kończyny przednie; mimo upływu prawie 40 lat od pierwszego znaleziska nie znamy czaszki ani miednicy

cy tego zwierzęcia, co pomogłoby ustalić jego wygląd, tryb życia i przynależność systematyczną. Rozmiary kończyn *deinocoelura* byłyby argumentem za jego pokrewieństwem z terezinozaurami, ale przeczą temu inne ich proporcje i hakowaty kształt masywnych 30-centymetrowych pazurów.

Troodonty. Niewielkie drapieżne troodonty, przypominające delikatniej zbudowane wersje dromeozaurów, w późnej kredzie Gobi reprezentował *Saurornithoides mongoliensis* z formacji Dżadochta (i Iren Dabasu) oraz nieco większy i mający więcej zębów (po około 20 w każdej połowie szczęki) *Saurornithoides junior* z formacji Nemegt. Wy-
różniają je

grubo
piłkowane zęby.
Wraz z długim
ogonem

S. junior
miał około 2 m
długości i ważył 20 kg.

Tochisaurus nemegtensis i *Borogovia gracilicrus* z tej samej formacji oparte są na niepokrywających się fragmentach szkieletu, które mogły należeć do

Rekonstrukcja szkieletu
Avimimus portentosus
z formacji Dżadochta

10 cm

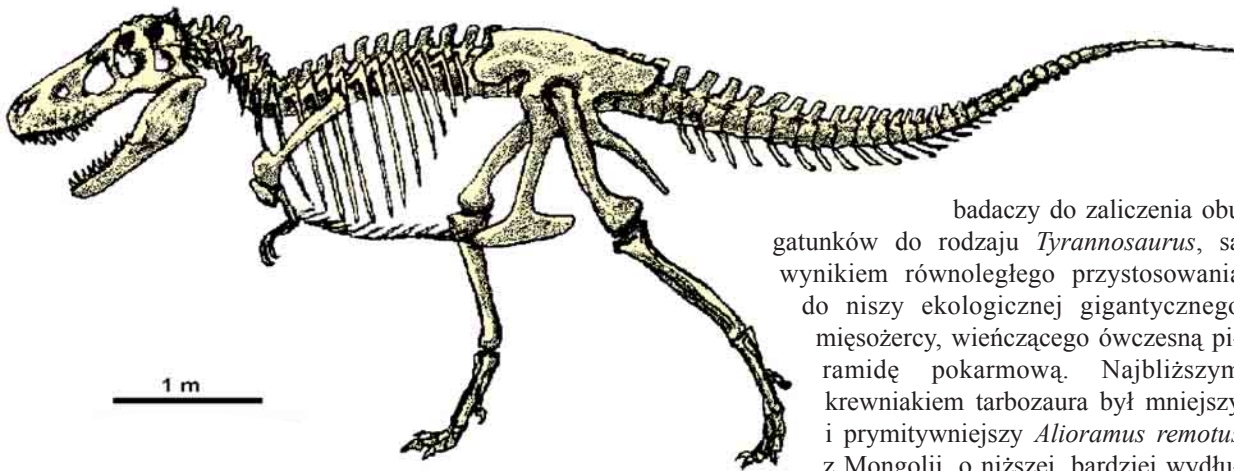
50 cm

Rekonstrukcja szkieletu
segnozaura
(terezinozaura)
z formacji Bajn Szire
oparta głównie na
szczątkach
Segnosaurus galbinensis

5 cm

20 cm

Rekonstrukcja czaszki
i szkieletu
Gallimimus bullatus
z formacji Nemegt



Rekonstrukcja szkieletu
Tarbosaurus bataar
z formacji Nemegt

S. junior. Z kolei ptasiopodobna czaszka niewielkiego zwierzęcia *Archaeornithoides deinosauriscus* z formacji Dżadochta mogła należeć do młodego troodona lub dromeozaura. Zapewne teropody te polowały na drobne kręgowce, takie jak ssaki i jaszczurki. Duże oczy, sprawny słuch i rozbudowany mózg (proporcjonalnie największy w stosunku do masy ciała wśród dinozaurów), wskazują, że mogły radzić sobie ze zwinnymi ofiarami prowadzącymi nocny tryb życia.

Blżej nieokreślona pozostaje przynależność systematyczna ponad 3-metrowej długości drapieżnika *Bagaraatan ostromi*. Znany jest wyłącznie z mocnej, uzębionej żuchwy i szkieletu pozaczaszkowego z formacji Nemegt, w tym kręgów ogonowych, miednicy i kończyn tylnych o zrośniętych kościach podudzia.

Tyranozaury. Największymi drapieżnikami w późnej kredzie Azji i Ameryki Północnej były tyranozaury – teropody o wielkiej głowie, do 1,5 m długości, i skrajnie zredukowanych, dwupalcych kończynach przednich. Gobijski *Tarbosaurus bataar* niewiele ustępował rozmiarem amerykańskiemu tyranozaurowi *Tyrannosaurus rex*.

Rozmaicie klasyfikowane szkielety osobników różnej wielkości, głównie z formacji Nemegt reprezentują prawdopodobnie jedynie zmienność wiekową i wewnątrzpopulacyjną tarbozaura. Podobieństwa tarbozaura do *T. rex*, skłaniające niektórych

badaczy do zaliczenia obu gatunków do rodzaju *Tyrannosaurus*, są wynikiem równoległego przystosowania do niszy ekologicznej gigantycznego mięsożercy, wieńczącego ówczesną piramidę pokarmową. Najbliższym krewniakiem tarbozaura był mniejszy i prymitywniejszy *Alioramus remotus* z Mongolii, o niższej, bardziej wydłużonej czaszce. Z wcześniejszej formacji Dżadochta znany jest też materiał pozaczaszkowy zaliczany do gatunku *Alectrosaurus olseni*. Pojedyncze fragmentaryczne kości tarbozaurów znane są też z formacji Dżadochta i Barun Gojot. Odciski stóp i skóry znalezione w formacji Nemegt dowodzą, że tarbozaury były pokryte mozaiką drobnych, paromilimetrowych łusek.

Już na wczesnym etapie ewolucji tyranozaurów doszło do wzmocnienia zębów z dwiema piłkowanymi krawędziami tnącymi (np. przednie zęby mają w przekroju charakterystyczny kształt litery D); tak grube zęby pozwoliły tyranozaurom przegryzać kości ofiar, o czym świadczą zarówno ślady na kościach, jak i skamieniałe odchody (koprolity) z drobnymi okruchami kości. Zęby tyranozaurów znane są z Azji od wczesnej kredy. Nie jest jasne, czy tyranozaury były głównie padlinożercami, czy aktywnymi drapieżnikami, polującymi zwłaszcza na dinozaury kaczodziobe, a także rogate i pancerne. Masa ich ciała sugeruje, że nie mogły sprawnie biegać, ale także ich ofiary były powolnymi zwierzętami.

Zauropody. Zauropody były największymi zwierzętami lądowymi wszech czasów. Dwa najlepiej zachowane okazy późnokredowych zauropodów z Gobi odkryły Polsko-Mongolskie Wyprawy Paleontologiczne w osadach formacji Nemegt. Szkielet pozaczaszkowy został nazwany *Opisthocoeleicaudia skarzynskii*. Oddzielnie znaleziona czaszka zyskała nazwę *Nemegtosaurus mongoliensis*. Oba te znaleziska, a także podobny do nemegtozaura *Quaesitosaurus orientalis* z formacji Barun Gojot, należą do rodziny tytanozaurów (a być może nawet reprezentują ten sam gatunek).

Rekonstrukcja szkieletu
Sauornithoides mongoliensis z formacji Dżadochta



W formacji Nemegt odkryto też prawie półmetrowej średnicy tropy tych roślinożerców z odciskami skóry pokrytej wielokątnymi tarczками średnicy ponad 1 cm.

Jaja znoszone przez zauropody były kuliste, o skorupach grubości nawet 4 mm i szczególnej gęstości porów oddechowych (zauropody zagrzebywała swe jaja w piasku, jak żółwie). W Argentynie udało się zidentyfikować w jajach ich zarodki (nawet z odciskami skóry), wykazując przy tym, że młode pisklęta miały nozdrza umieszczone prymitywnie, z przodu pyska, a dopiero w miarę dorastania przesuwali się one w tył, na czoło. Tytanozaury rozwijały się głównie na obszarze Gondwany, z powodu braku zapisu kopalnego zauropodów na północnych kontynentach w środkowej części okresu kredowego trudno jednak odtworzyć drogi ich migracji.

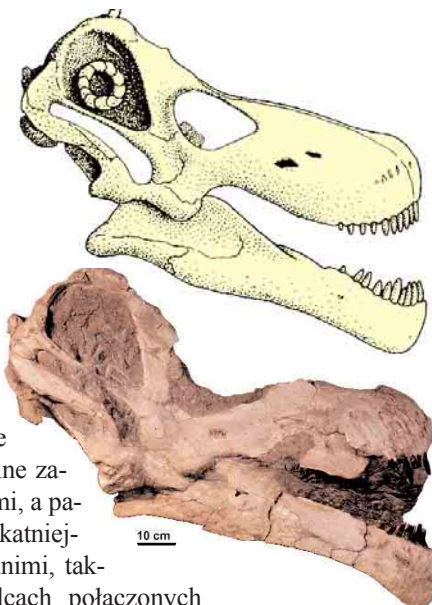
Ankylozaury. Najbardziej zaawansowane ewolucyjnie późnokredowe dinozaury pancerne miały grzbiet pokryty tarczami, kolcami i guzami kostnymi, a na końcu ogona kostną maczugę. Mogły unieść jej ciężar dzięki wyrostkom kręgów usztywniającym ułożonemu ogon (ruchoma była tylko jego umięśniona nasada). W formacji Bajn Szire występują szczątki różnorodnych ankylozaurów (*Talarurus*, *Maleevus* i *Amtosaurus*). Najpospolitszym ankylozaurem formacji Dżadochta był *Pinacosaurus grangeri*. W Mongolii Wewnętrznej znaleziono zasypiane przez burzę piaskową stadko sześciu młodych pinakozaurów, zapewne z jednego lęgu, co świadczy o skłonności tych zwierząt do życia w grupie, być może w celu wspólnej obrony. Z formacji Barun Gojot pochodzi szkielet *Saichania chulsanensis* z pancerzem zachowanym w naturalnym ułożeniu. W tej samej formacji znaleziona została *Tarchia kielanae*, której bliski krewniak *T. gigantea* udokumentowany został w formacji Nemegt. Te masywne, czworonożne dinozaury miały bezzębny przód pyska, zakończony szerokim dziobem, i delikatne zęby w tyle szczęk. Musiały się żywić miękką niską roślinnością, a także owadami i ich larwami, na co wskazuje budowa ich szczęk i przypuszczalnie długi język.



Dinozaury kaczodziobe. Późnokredowe hadrozaury miały mocne trójpalcowe kończyny tylne zakończone tępych kopytami, a pasąc się podpięrały się delikatniejszymi kończynami przednimi, także z kopytkami na palcach połączonych wspólną „jednopalczystą rękawiczką”. Zgarbiona przednia część grzbietu sugeruje, że żerowały często nisko przy ziemi, ścinając rośliny rogowym dziobem. Swoją sukces ewolucyjny zawdzięczały bateriom zębowym z setek stale odnawianych zębów. Rozcierały pokarm dzięki elastyczności czaszki pozwalającej na rozsuwanie szczęk podczas ich zaciskania. Ten wyjątkowy wśród dinozaurów mechanizm żucia umożliwił im skuteczniejsze wykorzystanie pokarmu roślinnego i tworzenie ogromnych stad.

Najprymitywniejsze hadrozaury, o budowie wciąż bliskiej iguanodontom, znane są z wczesnej kredy Gobi. Z późnej kredy pochodzą *Bactrosaurus johnsoni* i *Gilmoresaurus mongoliensis*. Hadrozaury przeżyły wielkie różnicowanie ewolucyjne pod koniec kredy w Ameryce Północnej, skąd znane są liczne gatunki, różniące się między innymi kształtem charakterystycznych wyrostków na głowie.

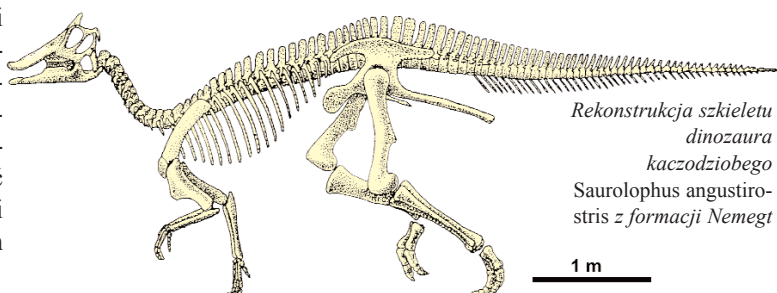
Grzebieniaste dinozaury kaczodziobe prawdopodobnie wywodzą się z Azji, skąd znane są formy starsze i prymitywniejsze ewolucyjnie od amerykańskich. Do tej gałęzi



Czaszka zauropoda *Nemegtosaurus mongoliensis* z formacji Nemegt i jej rekonstrukcja oraz niewydobyta ze skały miednica (Opisthocoelicaudia; rekonstrukcja szkieletu na wewnętrznej stronie okładki)

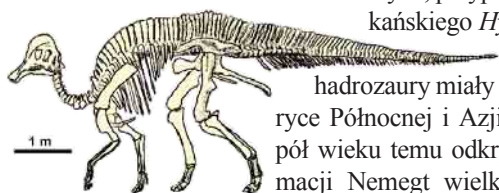


Rekonstrukcja szkieletu dinozaura pancerznego *Pinacosaurus grangeri* z formacji Dżadochta



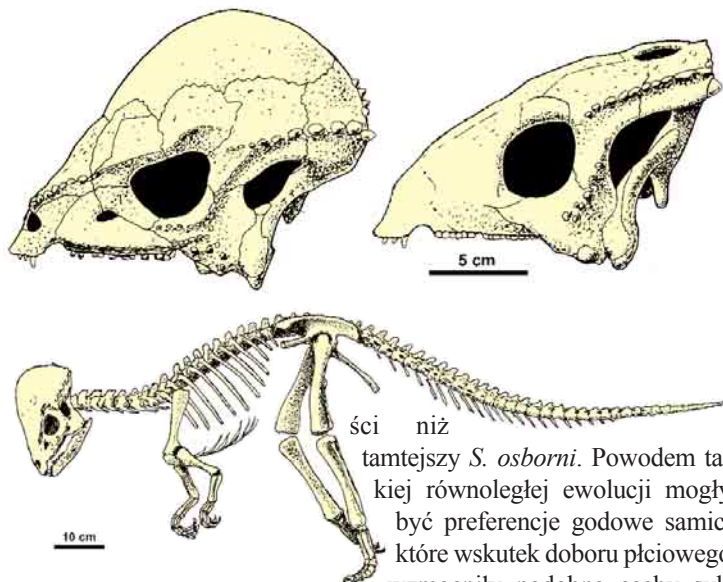
Rekonstrukcja szkieletu dinozaura kaczodziobego *Saurolophus angustirostris* z formacji Nemegt

rozwojowej należała też *Barsboldia sicinskii* z formacji Nemegt. Niestety, zachował się tylko niekompletny szkielet pozaczaszkowy, w tym kręgosłup o bardzo wysokich wyrostkach ościstych, przypominających te u amerykańskiego *Hypacrosaurus*.



Rekonstrukcja szkieletu dinozaura kaczodziobe-
go *Barsboldia sicinskii*
z formacji Nemegt

Także płaskogłowe hadrozaury miały przedstawicieli w Ameryce Północnej i Azji. Rosyjskie ekspedycje pół wieku temu odkryły w mongolskiej formacji Nemegt wielkiego dinozaura kaczodziobe-
Saurolophus angustirostris z krótkim wyrostkiem z tyłu głowy. Byłby to jedyny rodzaj wspólny dla mastrychckiej fauny Azji i Ameryki. Wydaje się jednak, że mongolski zaurolof nie jest potomkiem amerykańskiego *Prosaurolophus*, lecz wykształcił swój grzebień niezależnie, z nieco innych ko-



Rekonstrukcja czaszki
pachycefalozaury
Prenocephale prenes
(zdjęcie na okładce)
o wypukłym czole i płaskoczołowego
Homalocephale calathocercos z formacji
Nemegt; poniżej rekonstrukcja szkieletu
prenocephala

ści niż tamtejszy *S. osborni*. Powodem takiej równoległej ewolucji mogły być preferencje godowe samic, które wskutek doboru płciowego wzmocniły podobne cechy sylwetki głowy. Być może ów wyrostek za życia był tylko podporą dużego nadymanego worka skórno-
go na górnej powierzchni głowy, który był właściwym sygnałem rozpoznawczym. Także różnice w budowie miednicy wskazują, że amerykańskie i azjatyckie gatunki zaurolofów nie są tak blisko spokrewnione, jak to się na pierwszy rzut oka wydaje.

Na Gobi spotyka się owalne jaja, znoszone przez dinozaury kaczodziobe, z grubą na 1 – 3 mm skorupką, a ostatnio w osadach formacji Nemegt znaleziono liczne ich tropy.

Pachycefalozaury. Pachycefalozaury były dwunożne. Ich kończyny przednie uległy wręcz redukcji w stosunku do przodków, wzmocniły się natomiast tylne wraz z miednicą i wyjątkowo szeroką nasadą ogona. W kości przedszczękowej sterczały niewielkie “kły”, natomiast zęby policzkowe były liścio-

kształtne. Charakterystyczną cechą było wzmocnienie sklepienia czaszki, ozdobione guzkami kostnymi, o różnej wyrazistości u poszczególnych form. *Tylocephale gilmorei* z formacji Barun Gojot i *Prenocephale prenes* z formacji Nemegt miały bardzo wysklepioną, kopulastą czaszkę. Tylko takie formy dotarły do Ameryki Północnej, gdzie osiągnęły rozmiary kilkakrotnie większe od azjatyckich, nie przekraczających 2 m długości. Na Gobi występowały również formy płaskogłowe (*Goyocephale lattimorei* i *Homalocephale calathocercos* z formacji Nemegt). Wzmocnienie czaszki powstało zapewne wskutek doboru płciowego. Płaskogłowe pachycefalozaury mogły się przepychać czołami podczas pojedynków godowych, natomiast rywalizujące dinozaury grubogłowe o kopulastych czaszkach z wieńcem guzków na obrzeżu mogły się bić lub uderzać głową w bok ciała przeciwnika. Można je przyrównać do takich dzisiejszych ssaków kopytnych jak muflony czy koziorożce.

Dinozaury rogate. Ewolucyjne początki ceratopsów można prześledzić od środkowej kredy Chin i Mongolii. Już wtedy miały wysoki „papuzi” dziób i były niewielkimi dwunożnymi roślinożercami, później pojawiła się tendencja do rozrostu tyłu czaszki w kołnierz karkowy. Z formacji Dżadochta (i Iren Dabasu) znany jest pospolity *Protoceratops andrewsi*, opisany przez amerykańskich paleontologów już w latach 20., osiągający do 2,5 m długości, lecz znany ze szczątków wielu osobników różnego wieku (a także płci – badacze dopatrzili się dymorfizmu płciowego w masowości czaszki i obecności rogu na nosie). Odznaczał się dużym ażurowym kołnierzem i dość wysokim pyskiem, który u wyrosniętych samców ma zaczątkowy róg. Z Bajn Dzak pochodzi *Bainoceratops efremovi*, gatunek znany ze szkieletu pozaczaszkowego przypominającego największego znanego protoceratopsa *Udanoceratops tshizovi*, którego głowa (z niewielkim kołnierzem) mierzyła ok. 60 cm długości.

Mniejszymi rozmiarami, krótszym kołnierzem, za to wyraźniej zaznaczonym rogiem nosowym odznaczały się bageratopsy. *Bagaceratops rozhdestvenskyi* znany jest z górnej części formacji Dżadochta, a *Breviceratops kozlowskii* – z formacji Barun Gojot, w której występują również *Lamaceratops tereshenkoi* i *Platyceratops tatarinovi*. Z rejonu Bajan Mandahu chińscy paleonto-

lodzy opisali natomiast nieco starszego *Magnirostris dodsoni*, o szczególnie dużym, hakowatym dziobie.

Protoceratopsy miały silne mięśnie szczęk (przyczepione do rozbudowanego tyłu czaszki) i mocne zęby policzkowe, nadające się do szatkowania twardej sucholubnej roślinności. W górnej szczęce miały też niewielkie „kły”, podobnie jak ich dalecy kuzyni, pachycefalozaury. Zapewne tworzyły stadka roślinożerców odpowiadające w ekosystemach kredowych Gobi dzisiejszym kozom czy antylopom.

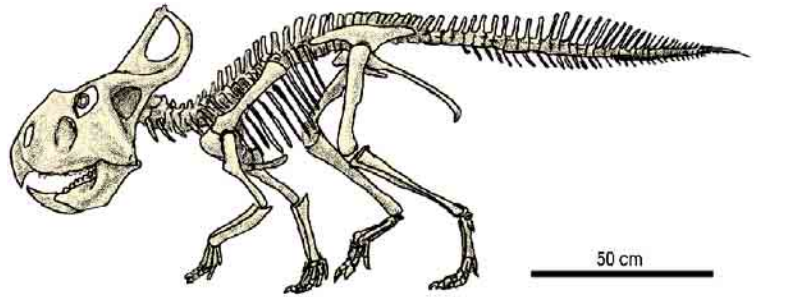
Jak wszystkie dinozaury, protoceratopsy były jajorodne. Pierwsze, odkryte w latach 20. gniazda jaj dinozaurów, amerykańscy naukowcy uznali właśnie za jaja protoceratopsów. Później jednak na całym świecie, w tym na Gobi odkryto wiele dalszych typów jaj (jedną z większych kolekcji zebrali Polsko-Mongolskie Wyprawy Paleontologiczne). Zaczęto je opisywać nadając im osobne nazwy łacińskie, gdyż trudno było je zaliczyć do konkretnych gatunków zwierząt. Okazało się, że kryterium rozróżniania skorupki kopalnych jaj ważniejszym od kształtu (mniej lub bardziej wydłużonego) i wielkości jest ich ultrastruktura; badania nad nią umożliwił rozwój skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Dzięki niej wykazano, że podłużne jaja z górnej kredy Gobi należały do różnych grup dinozaurów. Protoceratopsy znosiły jaja o gładkich skorupkach (bagaceratopsy – o delikatnym ornamentcie z podłużnych grzebieni), tkwiące mniej więcej pionowo w osadzie.

Pokrewieństwa gobijskich dinozaurów

Mongolskie dinozaury były jednymi z ostatnich, jakie żyły na Ziemi. Grupa ta miała za sobą wówczas już około 150 milionów lat ewolucji. Po rozpadzie Pangei coraz ważniejszą rolę w przebiegu ewolucji dinozaurów odgrywała izolacja geograficzna. Inna była fauna dinozaurowa Laurazji, inna Gondwany. Ukształtowanie lądów i mórz sprawiło, że inne zespoły zwierząt zamieszkiwały nawet zachodnią i wschodnią części Ameryki Północnej, przedzielonej w kredzie epikontynentalnym morzem Niobrara. Dlatego wyjaśnianie koneksji gobijskich dinozaurów musi uwzględniać nie tylko rekonstrukcję filogenezy poszczególnych grup na podstawie porównań anatomicznych, ale także czynnik paleobiogeograficz-

ny. Ich korzeni wypada szukać w innych rejonach Azji, kontynuacji w Ameryce Północnej.

Przodkowie dinozaurów z Gobi. Chińczycy mają zapis kopalny dinozaurów sięgający triasu. W prowincji Lufeng odkryto liczne prozaupody; w jurze zamieszkiwała je fauna dinozaurowa obejmująca



muja roślinożerne stegozaury, zauropody oraz drapieżne teropody. Wczesnokredową faunę Chin znamy zwłaszcza dzięki wspólnie zachowanym znaleziskom fauny Jehol z grupy Yixian w prowincji Liaoning na północnym wschodzie kraju. Obok najstarszych ssaków łowiskowych, najstarszych roślin okrytozalążkowych i wielu gatunków prymitywnych ptaków udało się tam znaleźć m. in. szczątki opierzonych teropodów z różnych grup. Niektóre dinozaury znane z wczesnej kredy Chin i Mongolii były przodkami form zamieszkujących tereny Gobi w późnej kredzie. Dotyczy to np. owiraptorów, terizinozaurów, ankylozaurów, hadrozaurów, protoceratopsów (wywodzących się z wczesnokredowych psittakozaurów) czy pachycefalozaurów. Podobną faunę kredową (nie tylko dinozaurów, ale także jaszczurek, żółwi czy ssaków) ujawniają też prowadzone w ostatnich dziesięcioleciach prace terenowe w Uzbekistanie i Kazachstanie. Świadczy to o tym, że rozległy kontynent azjatycki był w kredzie wylęgarnią gatunków, które z czasem dotarły też na inne obszary, zwłaszcza do Ameryki.

Mongolskie zauropody należą do rodziny tytanozaurów, która wyewoluowała na obszarach Gondwany, rozwijając się zwłaszcza w Ameryce Południowej i Indiach. Uważano, że dopiero pod koniec kredy tytanozaury pojawiły się na półkuli północnej. Niedawno został jednak opisany z wczesnokredowych osadów chińskiej części pustyni Gobi tytanozaur *Gobititan shen-zhouensis*. Tak więc gobijskie tytanozaury reprezentują gałąź azjatycką o dziejach być może dłuższych niż sądzono dotąd.

Rekonstrukcja szkieletu pierwotnego dinozaura rogatego *Protoceratops andrewsi* z formacji Dżadochta i czaszki późniejszego *Bagaceratops rozhdestvenskyi* z formacji Barun Gajot

Amerykańscy krewniacy dinozaurów z Gobi. Późnokredowe dinozaury Gobi i zachodniej części Ameryki Północnej należą często do tych samych rodzin (tyranozaury, ornitomimy, dromeozaury, cenagnaty, tytanozaurowe, ankylozaury, hadrozaury, pachycefalozaurowe), a być może – jak sądziło wielu autorów – nawet tych samych rodzajów (*Saurolophus*, *Saurornithoides*), choć reprezentowanych przez inne gatunki. Lista wspólnych grup została niedawno poszerzona o terizinozaury (pierwszego amerykańskiego przedstawiciela tej znanej dotąd wyłącznie z Azji rodziny odkryto na pograniczu Arizony i Nowego Meksyku w osadach złożonych w początkach późnej kredy).

Rozciągający się wzdłuż Gór Skalistych od dzisiejszej Alaski po Meksyk wydłużony południkowo pas lądu łączył się okresowo z Azją pomostem lądowym w rejonie polarnym (zwanym Beringią). Wschodnia część Ameryki Północnej była natomiast w epokach podwyższonego poziomu wód morskich oddzielona od zachodniej płytkim, lecz szerokim morzem epikontynentalnym, zwanym Morzem Niobrara. Długo pozostawała za to w połączeniu z Europą, gdyż dopiero w kredzie zaczynał się tworzyć północny Atlantyk. Dinozaury zachodniego lądu północnoamerykańskiego zapewne sezonowo migrowały na podbiegunowe pastwiska, o czym świadczą znajdowane na Alasce masowe nagromadzenia ich kości. Choć klimat kredy był cieplejszy i łagodniejszy niż dziś, noc polarna przerywała zimną fotosyntezę i zmuszała stada roślinożerców do odwrotu na południe. Latem jednak zwierzęta mogły przedostawać się z Azji do Ameryki i odwrotnie, przynajmniej w czasach, kiedy poziom oceanu światowego był niższy i odsłaniał przesmyk lądu między Starym i Nowym Światem. W czasach migracji azjatycko-amerykańskich Ameryka Północna utraciła już (na prawie sto milionów lat) połączenie z Południową, o czym świadczy fakt, że grupy południowoamerykańskiego pochodzenia (np. jaszczurki) zdołały przez Amerykę Północną dotrzeć do Azji, natomiast formom azjatyckim, które zasiedliły kontynent północnoamerykański nie udało się skolonizować Ameryki Południowej. Przesmyk Panamski połączył ponownie obie Ameryki dopiero 3 mln lat temu, zapoczątkowując kolejną wielką wymianę fauny.

Ze względu na podobieństwa między kredowymi ekosystemami Gobi i Ameryki

Północnej, badaniami dinozaurów gobijskich żywo interesują się paleontolodzy ze Stanów Zjednoczonych i Kanady, traktujący faunę Mongolii jako kontynuację zespołów gatunków dobrze im znanych z własnych terenów – z pustkowi Alaski, kanadyjskiej prowincji Alberta czy amerykańskiego „Dzikiego Zachodu”.

Kres dinozaurów. Dinozaury wymarły około 65 mln lat temu. Niestety, zapis skalny Mongolii urywa się przed końcem ery mezozoicznej i dostępne dotąd znaleziska paleontologiczne z Gobi nie pomogą w poznaniu przyczyny wymarcia dinozaurów. Po formacji Nemegt występuje luka sedymentacyjna przypadająca na późny mastrycht i na czerwonych piaskowcach ze szczątkami bogatej fauny dinozaurów leżą dopiero osady środkowego paleocenu. Nie wiadomo, ile milionów lat trwała, ale na pewno brakuje zapisu samego decydującego epizodu wymierania. W Chinach formacja Nanxiung zawiera wprawdzie szczątki późnomastrychckich dinozaurów, ale materiał ten jest ubogi i trudnooznaczalny. Nie znajdziemy więc w Azji odpowiedzi na pytanie o to, co zabiło dinozaury.

Ciągłość stratygraficzna pogranicza kredy i paleogenu istnieje w Ameryce Północnej, ale interpretacja zdarzeń jest sporna. Niektórzy badacze powołują się na stopniowe zmniejszanie bioróżnorodności w trakcie kolejnych wieków późnej kredy (od kampanu do końca mastrychtu), inni wskazują na błędy opróbkowania i złudzenia statystyczne, które dają podobny efekt, nawet jeśli w rzeczywistości ekosystemy zachowałyby porównywalny poziom zróżnicowania gatunkowego aż do nagłego końca. W zależności od interpretacji danych ilościowych, badacze skłaniają się do scenariuszy uwzględniających stopniowe wymieranie, np. za sprawą globalnych przemian klimatu (spowodowanych przez intensywny wulkanizm Dekanu, zmiany konfiguracji paleogeograficznej itp.), lub gwałtowną katastrofę (np. impakt meteorytowy lub wybuch supernowej). Prawdopodobnie kryzys był wypadkową procesów z obu kategorii.

Pozbawiony dinozaurów świat zwierzęcy u progu kenozoiku był znacznie uboższy od mezozoicznego i dopiero po kilkunastu milionach lat ewolucji niedo-

bitków ocalałych z wymierania, zwłaszcza ssaków i ptaków, różnorodność gatunkowa została odbudowana.

Gobi po dinozaurach

Po wymarciu dinozaurów Azja stała się jednym z centrów ewolucji ssaków łożyskowych, w tym kopytnych. Na jej południowych wybrzeżach, w dzisiejszym Pakistanie, z kopytnych powstały pierwsze walenie a także największe ssaki lądowe wszech czasów – olbrzymie bezrogię nosorożce. Także eocen Chin dostarczył wielu znalezisk świadczących o tym, że region ten pozostał wylęgarnią nowych grup organizmów. Stamtąd znamy najstarsze naczelnice i najstarsze małpy (*Eosimias*).

W paleogenie Mongolii wciąż gromadziły się osady kryjące skamieniałości wczesnych ssaków kopytnych i przedstawicieli innych grup. Z czasem pojawiły się trawy, odporne na okresy suszy i na spasanie. Tereny trawiaste, stepy i półpustynie, do dziś pokrywają większą część Mongolii. Na południu Gobi warunki środowiska stały się nieprzyjazne wszelkim zwierzętom poza skrajnie przystosowanymi do życia na pustyni. Brak pokrywy roślinnej ułatwia jednak paleontologom dostęp do wietrzących skał zawierających szczątki dawnych władców tej krainy.

Literatura

Książki

- Benton, M.J., Shishkin, M.A., Unwin, D.M. & Kurochkin, E. N. (ed) 2000. *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*. 696 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Chiappe, L.M. & Benton, M.J. (ed) 2002. *Mesozoic Birds: Above the Heads of Dinosaurs*. 536 pp. University of California Press, Berkeley.
- Currie, P.J. & Padian, K. 1997. *Encyclopedia of Dinosaurs*. 869 pp. Academic Press, San Diego.
- Heatwole, H. & Carroll, R.L. (ed) 2002. *Amphibian Biology*, vol. 4. *Palaeontology*. 973-1496. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton.
- Okada, H. & Mateer, N.J. (ed.) 2000. *Cretaceous Environments of Asia*. 254 pp. Elsevier, Amsterdam.

Czasopisma

- Results of Hayashibara Museum of Natural Sciences–Mongolian Academy of Sciences Mongolian Paleontology Center Joint Paleontological Expedition. *Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin* 1 (2000)
- Results of the Polish-Mongolian Palaeontological Expeditions. *Palaeontologia Polonica* 19 (1968); 21 (1969); 25 (1971); 27 (1972); 30 (1974); 33 (1975); 37 (1977); 38 (1979); 42 (1981); 46

(1984).

Results of the Sino-Canadian Dinosaur Project. *Canadian Journal of Earth Sciences* 30, 10 i 11 (1993); 34, 4 (1996); 38, (2001). [www.paleoserdar.com/canadian.html]

Trudy Sovmestnyh Sovecko-Mongolskih Paleontologičeskikh Ekspedicii od 1976; od tomu 36 (1989) jako *Trudy Sovmestnyh Rossijsko-Mongolskih Paleontologičeskikh Ekspedicii*. Nauka, Moskwa.

Artykuły dotyczące paleontologii regionu gobijskiego ukazują się w wielu czasopismach naukowych, zwłaszcza takich jak *Acta Palaeontologica Polonica* (www.app.pan.pl), *American Museum Novitates* (http://library.amnh.org/pubs/novitates.html), *Journal of Vertebrate Paleontology* (www.vertpaleo.org/jvp/index.html), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (www.sciencedirect.com/science/journal/00310182), *Paleontologičeskij Žurnal/Paleontological Journal* (www.mak.rssi.ru/journals/paleng.htm), *Vertebrata Palasiatica* (www.paleoserdar.com/Palasiatica.html).

Internet

- Paleogeografia lokalna i regionalna (serie map) – Ron C. Blakey: <http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/RCB.html> Richard Scotese Paleomap Project: www.scotese.com/Default.htm Jan Golonka: www.dinodata.net/Golonka/Golonka.htm
- Wykaz mongolskich stanowisk paleontologicznych z opisem kopalnej flory i entomofauny (w języku rosyjskim): www.palaeontolog.ru/Collections/mong_loc.html
- Polsko-Mongolskie Wyprawy Paleontologiczne: <http://www.paleo.pan.pl/museum/mongolpl.htm>
- Amerykańsko-Mongolskie Ekspedycje Paleontologiczne: www.amnh.org/exhibitions/expeditions/gobi/
- Aktualności na temat chińskich dinozaurów: www.sino-fossa.org/sinosaur.htm
- Informacje o poszczególnych dinozaurach (i nie tylko): www.dinosauria.com/ <http://dinosauricon.com/> <http://www.dinodata.net/>

Zmiany klimatu

Zbigniew Jaworowski

Klimat Ziemi zmieniał się zawsze. Cykle zimne i ciepłe naprzemiennie następowały po sobie w okresach sięgających od setek milionów do kilkunastu lat, głównie w rytm zmian zachodzących na Słońcu i w jego sąsiedztwie. Obecnie znajdujemy się blisko połowy czasu od powstania Słońca (5 miliardów lat temu) do czasu kiedy (za 7 miliardów lat) zacznie kurczyć się do rozmiarów białego karła, zabijając swym żarem wszystko co żyje na Ziemi. U początku ewolucji Słońca jego promieniowanie było blisko 30% mniejsze niż obecnie. Prawdopodobnie wpływało to na prekambryjskie okresy zimna.

Klimat prekambry

W 1989 roku Joseph Kirschvink znalazł koło Adelaidy w Australii skały sprzed 700 milionów lat ze śladami działalności lodowców. Utrwalony w nich sygnał magnetyczny wskazuje (przy założeniu, że i wówczas bieguny magnetyczne były zgodne z osią obrotu Ziemi), że w owym czasie skały te znajdowały się na równiku. Oznacza to, że cała ówczesna Ziemia była skuta lodem. Kirschvink ten stan Ziemi nazwał w roku 1992 *Snowball Earth* – Ziemska Kula Śniegu. Twierdził również, że w prekambrze zjawisko to wystąpiło wielokrotnie. Jedno z takich globalnych zlodowaceń miało zdarzyć się 2,4 miliardy lat temu. Tak wielkie zlodowacenia musiały prowadzić do drastycznego zaniku biologicznej produktywności, jednak kolejne

topnienia oceanicznego lodu powodowały ogromne zakwity sinic (cyjanobakterii) i masową produkcję tlenu. To z kolei, już 2,4 miliarda lat temu, wpłynęło na rozwinięcie się mechanizmów obronnych chroniących organizmy żywe przed niszczącym działaniem rodników tlenowych.

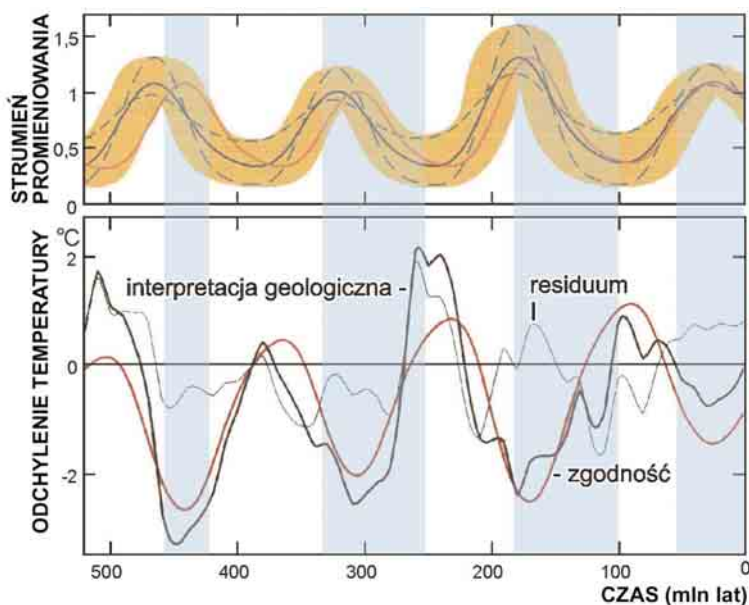
Mechanizmy te chronią przed promieniowaniem jonizującym również nas. Bez nich ani nie mogłoby rozwinąć się życie ekspozowane na ogromny naturalny strumień uszkodzeń DNA, ani nie moglibyśmy żyć obecnie. W każdej komórce ssaka powstaje w ciągu jednego roku około 70 milionów spontanicznych uszkodzeń DNA, głównie wskutek działania rodników wytworzonych metabolizmem tlenu, a tylko pięć uszkodzeń pochodzi od naturalnego promieniowania jonizującego. Zarówno środowisko naturalne, jak i świat żywy powstały więc w związku z dramatycznymi zmianami klimatu.

Cykle klimatyczne

W czasie fanerozoiku (ostatnie 545 milionów lat) Ziemia wchodziła kolejno w osiem wielkich cykli klimatycznych, trwających od około 50 do 90 milionów lat każdy. Cztery z nich były o około 4°C zimniejsze (*Icehouses*) od czterech cykli ciepłych (*Greenhouses*). Te długie cykle spowodowane były prawdopodobnie wędrówką naszego układu słonecznego poprzez ramiona Drogi Mlecznej. W pewnych ramionach trafiają się obszary silnego tworzenia gwiazd, co łączy się z częstymi wybuchami gwiazd nowych i supernowych. W takich rejonach galaktyczne promieniowanie kosmiczne jest nawet do 100 razy wyższe niż dociera obecnie do heliosfery. Przy podwyższonym promieniowaniu kosmicznym w troposferze Ziemi powstaje więcej chmur, odbijających promienie słoneczne i klimat staje się zimniejszy. Gdy Słońce wędroowało tam, gdzie promieniowanie kosmiczne było słabsze, na Ziemi klimat się ocieplał.

Na cykle klimatyczne liczące dziesiątki milionów lat nakładają się cykle krótsze, wzmacniając lub osłabiając zmiany długoterminowe. W ciągu ubiegłego miliona lat nastąpiło osiem do dziesięciu epok lodowcowych, trwających po około 100 000 lat i przedzielanych krótszymi okresami ocieplenia (po około 10 000 lat). Różnica śred-

Strumień promieniowania kosmicznego i zmiany klimatu w ciągu ubiegłych 545 milionów lat (wg Shaviv, N. J. & Veizer, J. 2003. Celestial driver of Phanerozoic climate? GSA Today, July, 4-10)



niej temperatury powietrza przy powierzchni ziemi pomiędzy epoką lodowcową i międzylodowcową wynosiła 3 – 7°C.

Zmiany krótkotrwałe, rzędu kilku lat, powodowane są czynnikami ziemskimi, takimi jak duże wybuchy wulkanów wznoszące pyły do stratosfery, oraz zjawisko El Niño, związane z prądami oceanicznymi.

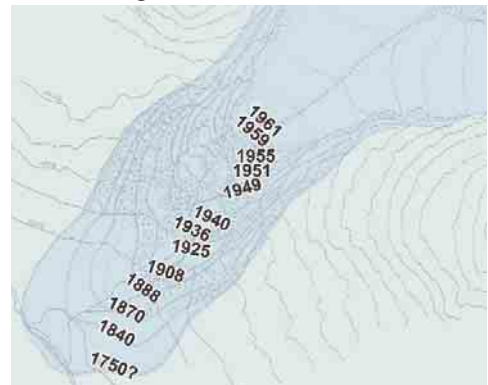
Poziom wód oceanicznych a zasięg lodowców

Poziom światowego oceanu powoli podnosi się od tysięcy lat. Odkąd 18 000 lat temu poczęła ustępować ostatnia epoka lodowa poziom oceanu podwyższył się około 100 m. Wpłynęło na to zwiększenie masy wód morskich przez topiące się czapy lodowe Arktyki i Antarktydy oraz lodowców górskich, a także termiczne zwiększenie objętości cieplejszego oceanu. Ten proces ciągle trwa ze zmienną intensywnością.

Jednocześnie jednak skorupa ziemska, uwolniona z ogromnego ciężaru czap lodowych, lokalnie się unosi. Wskutek tego w pewnych okolicach, np. w Sztokholmie, poziom morza obniża się o 4 mm rocznie, a w rejonie Baltimore (Maryland) o 3,5 mm. W San Francisco w ciągu 140 lat obserwacji wykryto, że poziom morza waha się w cyklach trzydziestoletnich od –2 do +5 mm na rok. W obszernym przeglądzie badań z tej dziedziny opublikowanym w roku 1995 B. C. Douglas z National Oceanographic Data Center w Waszyngtonie stwierdził, że jednak w ciągu ubiegłych 150 lat nie nastąpiło statystycznie istotne przyspieszenie podnoszenia się globalnego poziomu morza.

Sytuację dodatkowo komplikuje to, że przy cieplejszym klimacie więcej wody odparowuje, a następnie w postaci śniegu opada na lądolody Grenlandii i Antarktydy, niż spływa do mórz z topiących się lodowców. Pomiary poziomu oceanu prowadzone w latach 1900 – 1975 wskazywały, że im wyższa średnia temperatura powietrza i powierzchni mórz tropikalnych tym niższy jest poziom oceanu. Od lat siedemdziesiątych lodowce Arktyki, Grenlandii i Antarktydy przestały się cofać i zaczęły przyrastać. Opublikowane w 2002 roku w *Science* wyniki badań satelitarnych naszego rodaka Sławomira Tulaczka, pracującego na Uniwersytecie Kalifornijskim w Santa Cruz, wskazują, że szybkość spływu lodu antarktycznego uległa spowolnieniu a nawet niekiedy zatrzymaniu, co wpłynęło na pogrubienie lądolodu. Skomen-

tował to znany badacz Antarktydy Richard B. Alley: „Po 10 000 lat wychodzenia z epoki lodowej, badacze włączyli swe instrumenty dokładnie w chwili, gdy zaczęła się stabilizacja lub ponowny wzrost lądolodu”. Wcześniejsze badania satelitarne powierzchni lodowców prowadzone przez H. J. Zwallyego z NASA w końcu lat osiemdziesiątych wskazywały, że masa czapy lodowej Grenlandii przyrasta obecnie z szybkością odpowiadającą obniżeniu poziomu globalnego oceanu o 0,20 do 0,44 mm rocznie. Badania glaciologiczne na Antarktydzie wskazują, że masa lądolodu przyrasta tam obecnie o 5 do 25% globalnej masy rocznych opadów atmosferycznych, co odpowiada około 1,0 do 1,2 mm obniżenia poziomu oceanu rocznie.



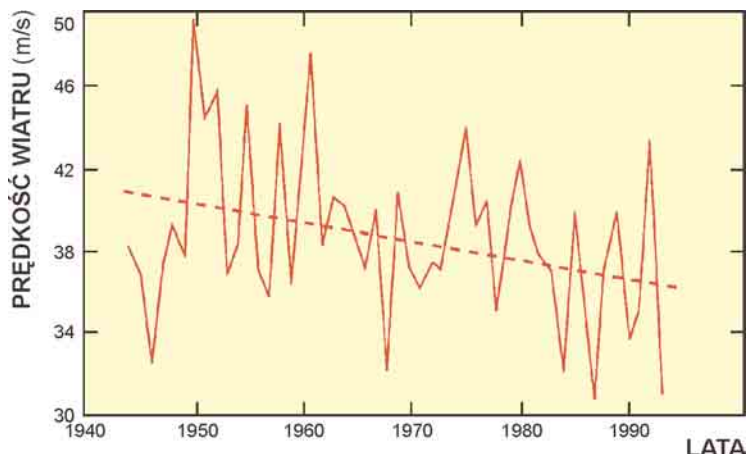
Wpływ klimatu na dzieje ludzkości

Klimat zmieniał się i w czasach historycznych. Podczas silnego Ocieplenia Holoceniowego, pomiędzy 7,0 a 3,5 tysięcy lat temu, średnia globalna temperatura powietrza była o 2°C wyższa od dzisiejszej. Wtedy rozwinęło się rolnictwo i powstały wielkie cywilizacje starożytności. Ocieplenie Średniowieczne trwało ponad trzysta lat, a maksimum temperatury (1,5°C powyżej obecnej) osiągnęło około r. 990, wtedy gdy powstawało państwo polskie.

Pięćsetletnia Mała Epoka Lodowa panowała na Ziemi od około 1350 do 1880 r. W epoce tej temperatura była o 0,9°C niższa niż obecnie. Na zamrożonej Tamizie odbywały się festyny, a przez Bałtyk jeździło się z Polski do Szwecji saniami, nocując po drodze w ustawionej na lodzie karczmie. W górach Szkocji linia śniegu sięgała 300 – 400 m niżej niż obecnie. Zasięg lodu morskiego koło Islandii i Grenlandii był tak wielki, że całkowicie zamknął dostęp do kolonii Wikingów, założonej na Grenlandii w r. 985 w czasie Ocieplenia Średniowiecznego. Nadejście Małej Epoki Lodowej doprowadziło do jej zagłady.

Ciągle jeszcze nie całkiem wyszliśmy z Małej Epoki Lodowej. Do tej pory nie powróciły do wód Bałtyku ciepłolubne gatunki okrzemek, które królowały w czasie Ocieplenia Średniowiecznego. Najszybciej tem-

Cofanie się lodowca Storbreen w Norwegii rozpoczęło się około roku 1750 i najszybciej zachodziło do lat 1940-tych. Obecnie lodowce Arktyki zmniejszają swoją masę a niektóre weszły w fazę wzrostu (wg Liestol, O. & Storbreen, O. 1967. Storbreen Glacier in Jostunheimen, Norway. 61 pp. Norsk Polarinstitutt, Oslo)



Maksymalna szybkość wiatru huraganów na Oceanem Atlantyckim w kolejnych latach 1940 – 1993 uległa zmniejszeniu o około 5 km na godzinę, tj. o 12%; przerywana linia wskazuje tendencję (wg Landsea, C. W. et al. 1996. Downward trends in the frequency of intense Atlantic hurricanes during the past five decades. *Geographical Research Letters* 23, 1697-1700)

temperatura podnosiła się na początku XX wieku, osiągając maksimum około roku 1940. Wtedy właśnie gwałtownie kurczyły się lodowce górskie i arktyczne, ale ich odwrót z rekordowych zasięgów w najzimniejszym okresie Małej Epoki Lodowej zaczął się już dwieście lat wcześniej, około roku 1750. W XVII i XVIII wieku lodowce nasuwały się na alpejskie wioski niekiedy z szybkością 20 metrów rocznie, niszcząc domy i pola.

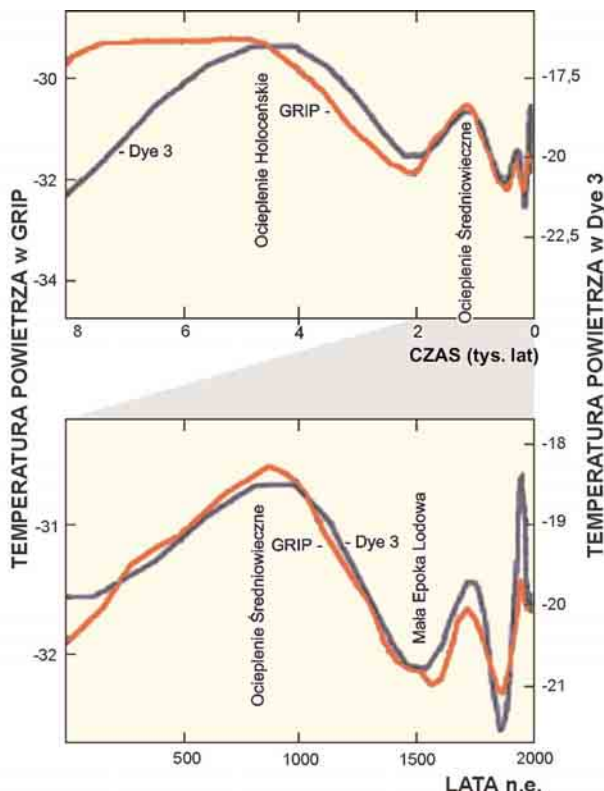
W czasach nam najbliższych klimat najwyraźniej łagodnieje. Od roku 1896 do 1995 liczba burz z gradobiciem i opadem powyżej 20 mm w Krakowie stale się zmniejszała, jak pokazuje jeden z nielicznych na świecie ciągłych zapisów meteorologicznych z jednej miejscowości. Od roku 1930 ich częstość spadała o 1,1 burzy rocznie (Bielec, Z. 2001.

Atmospheric Research 56, 161). Również dane pomiarowe z portu w Kołobrzegu z lat 1901-1990 wskazują na stałą lub zmniejszającą się liczbę sztormów (Wróblewski, A. 2001. *Climate Research* 18, 25). Częstość i wielkość powodzi Wisły obserwowana w Krakowie nie tylko nie wzrosła lecz od r. 1940 znacznie się obniżyła (Starkel, L. 2002. *Quaternary International* 91, 25). Podobnie działo się w XX w. z huraganami nad Atlantykiem i na całym świecie.

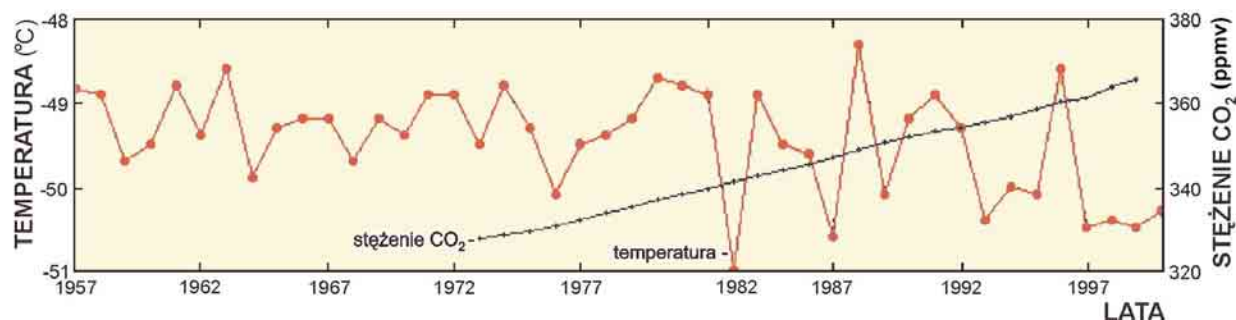
Od wyjątkowo gorących lat czterdziestych do 1975 r. klimat Ziemi oziębił się o około 0,3°C. Po 1975 r. do połowy lat dziewięćdziesiątych pomiary stacji meteorologicznych wskazywały, że średnia temperatura globu znów zaczęła rosnąć. Okazuje się jednak, że był to tylko artefakt pomiarowy, spowodowany rozrostem miast i wytwarzaniem przez nie efektem „wysp ciepła”. Stacje meteorologiczne, niegdyś położone na peryferiach, zostały wchłonięte do miast, gdzie temperatura jest wyższa niż „w terenie”. Poza miastami w Stanach Zjednoczonych i w Europie zaobserwowano raczej spadek, a nie wzrost temperatury. Odnosi się to również do rejonów polarnych, gdzie obserwowano ochłodzenie: w Arktyce o prawie 3°C od 1940 r., a na Biegunie Południowym o około 1,5°C od 1957 r. Natomiast w czasie Ocieplenia Holoceniowego Arktyka była o 3 – 7°C cieplejsza niż obecnie.

Najbardziej obiektywne pomiary temperatury dolnej troposfery (od powierzchni Ziemi do wysokości 8 km) prowadzone od 1979 do 2002 r. przez amerykańskie satelity (nie zakłócane „wyspami ciepła” i pokrywające niemal całą planetę), wskazują na lekkie ochłodzenie klimatu Ziemi (–0,06°C na dekadę).

W 1999 r. temperatura troposfery wzrosła wskutek zjawiska El Niño (cyklicznych zmian prądu morskiego płynącego od Antarktydy, wzdłuż Chile i Peru, do równika), a od 2000 r. satelity zanotowały ponownie znaczne oziębienie. Natomiast temperatura dolnej stratosfery (14 – 22 km wysokości) od roku 1993 stale się obniża. Jak podaje *Nature* (2003) w kwietniu wielkie ilości dorszy zamrzły w Atlantyku koło Nowej Funlandii, gdzie temperatura wody spadła do –1,7°C. Ostatni raz zdarzyło się to w roku 1882. Również Wielkie Jeziora Huron, Supe-



Pomiary temperatury w dwóch odwiertach lodowych w południowej (Dye 3) i centralnej (GRIP) Grenlandii (wg Dahl-Jensen et al. 1998. Past temperatures directly from the Greenland Ice Sheet. *Science* 282, 268-271). Płatki śniegu opadające na powierzchnię lodowca mają taką samą temperaturę jak otaczające powietrze. Lód utworzony z tych płatków ęle przewodzi ciepło i jego pierwotna temperatura zachowuje się w lądolodzie przez tysiące lat



rior i Erie zamarzły kompletnie, po raz pierwszy odkąd dostępne są zapisy, a granica lasów w Kanadzie sięga obecnie 130 km bardziej na południe niż w czasie Ocieplenia Średniowiecznego. W Irkucku najwyższą średnioroczną temperaturę, $+2,3^{\circ}\text{C}$, zmierzono w r. 1997. O tej pory temperatura spadła do $+1,2^{\circ}\text{C}$ w r. 1998, do $+0,7^{\circ}\text{C}$ w r. 1999 i do $+0,4^{\circ}\text{C}$ w r. 2000.

Znaczenie gazów cieplarnianych

Wśród czynników ziemskich promieniowanie jonizujące radionuklidów wnętrza Ziemi (głównie potasu ^{40}K , oraz izotopów szeregu uranowego i torowego) odgrywa tylko niewielką rolę w utrzymywaniu średniej temperatury powietrza przyziemnego powyżej punktu topnienia wody. Natomiast dominującym czynnikiem ziemskim są tzw. „gazy cieplarniane”, dzięki którym średnia temperatura powietrza przyziemnego wynosi $+15^{\circ}\text{C}$. Bez pochłaniania przez nie promieniowania słonecznego odbitego od powierzchni Ziemi temperatura ta wynosiłaby tylko -18°C .

Hipotezę twierdzącą, że przemysłowe emisje dwutlenku węgla (CO_2) mogą spowodować ocieplenie atmosfery przedstawił w r. 1898 szwedzki astrofizyk i fizyko-chemik Svante Arrhenius. Dwutlenek węgla pochłania promieniowanie podczerwone w próbowce fizyka i w atmosferze, dając tzw. „efekt cieplarniany”. Jednak w atmosferze głównym gazem cieplarnianym jest nie dwutlenek węgla, lecz para wodna, odpowiedzialna za 95% tego efektu. Bez jej obecności w atmosferze cała powierzchnia Ziemi łącznie z oceanami byłoby zamarzniętą bryłą. Najważ-

niejszym gazem cieplarnianym jest para wodna. Przypada na nią około 95% (niektórzy, np. prof. R. Lindzen, twierdzą że 99%) tzw. „efektu cieplarnianego”, a wszystkie gazy cieplarniane emitowane do atmosfery przez ludzi mają znikome znaczenie, dodając zaledwie 0,29% do tego efektu.

Za czasów Arrheniusa klimat zaczął się szybko ocieplać wychodząc z pięćsetletniej Małej Epoki Lodowej. Przemysł światowy emitował wówczas do atmosfery 13 razy mniej CO_2 niż obecnie i jego wpływ na temperaturę dolnej atmosfery był z pewnością bez znaczenia.

Stężenie gazów cieplarnianych w przeszłości

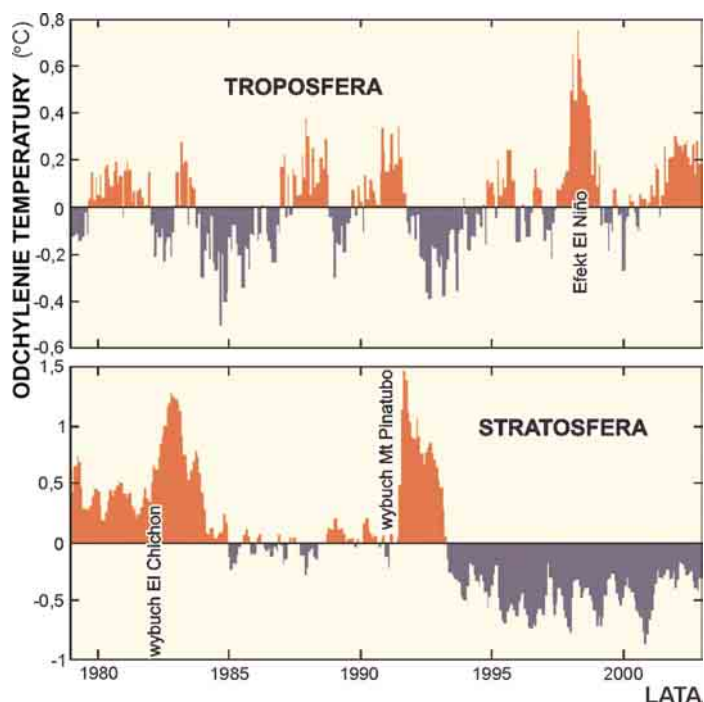
Ważnym źródłem wiedzy o przemianach klimatu są oznaczenia zawartości CO_2 w lodach Antarktydy. Są one też najważniejszym fundamentem hipotezy ogrzewania klimatu przez człowieka, zakładającej, że przed Rewolucją Przemysłową poziom CO_2 w atmosferze wynosił około 0,028%. Glaciologowie analizujący skład chemiczny baniek powietrza uwiecznionych w starym lodzie twierdzili, że w czasie Ocieplenia Średniowiecznego stężenie CO_2 w atmosferze wynosiło tylko 0,028%, a nie jak obecnie około 0,036%, a gdy wychodziliśmy z ostatniej epoki lodowej (10 500 lat temu) i temperatura podniosła się gwałtownie o kilka stopni, poziom dwutlenku węgla w atmosferze sięgał tylko 0,026%. Twierdzili również, że w ciągu ostatnich 400 000 lat poziom CO_2 w atmosferze zawsze był poniżej 0,030% i dopiero cywilizacja przemysłowa podniosła go wyżej. Od r. 1990 wraz z kolegami z Japonii i Norwegii, opublikowałem kilka prac wykazujących, że tak niskie wartości nie są obrazem prawdziwego składu chemicznego dawnej atmosfery, lecz artefaktem spowodowanym licznymi procesami fizykochemicznymi zachodzącymi w lodolodzie.

Najważniejszym z nich jest znikanie dwutlenku węgla z baniek powietrznych wskutek powstawania klatratów CO_2 . Są to

Krzywe zmiany temperatury powietrza przy powierzchni Ziemi w latach 1957 – 2000, oraz stężenia dwutlenku węgla w powietrzu w latach 1973 – 1999, w stacji Amundsen-Scott na Biegunie Południowym. Krzywe te nie wykazują związku ze sobą (wg Daly, J. L. 2003. What the stations say)

Gaz cieplarniany	Ze źródeł naturalnych i ludzkich	Z działalności ludzkiej
Para wodna (H_2O)	95,00	0,001
Dwutlenek węgla (CO_2)	3,62	0,117
Podtlenek azotu (N_2O)	0,95	0,05
Metan (CH_4)	0,36	0,07
Inne (freony, itp.)	0,07	0,05
Razem	100,00	0,29

Udział różnych czynników w efekcie cieplarnianym (w procentach całego efektu).



Pomiary temperatury dolnej troposfery (od powierzchni Ziemi do 8 km) oraz dolnej stratosfery (14 – 22 km) wykonane przez dziewięć satelitów TITOS-N. (wg Spencer R. & Christy, J. 2003. What microwaves teach us about the atmosphere). Wzrost temperatury w r. 1998 spowodowany został tzw. efektem El Niño. W całym okresie widoczne jest lekkie obniżenie temperatury wynoszące około 0,06°C na dekadę. Wzrost temperatury w dolnej stratosferze w r. 1982 spowodowany był zapyleniem stratosfery przez wybuch wulkanu El Chichon, a w r. 1991 przez wybuch Mt Pinatubo. Wrzesień 1996 był najzimniejszym miesiącem kiedykolwiek zaobserwowanym w stratosferze

białe kryształy, w których każda cząsteczka dwutlenku węgla zamknięta jest w „koszyczku” kilku cząsteczek wody. Pierwszy odkrył je Zygmunt Wróblewski w r. 1882. W zimnym lodzie antarktycznym klatraty powstają gdy ciśnienie wzrośnie powyżej 5 barów, czyli już na głębokości 100 metrów, prowadząc do ubytku gazowego CO₂ z zamkniętych w lodzie baniek powietrza.

Charakterystyczną cechą lodowcowych pomiarów CO₂ jest to, że nie idą one w parze z lodowcowymi pomiarami temperatury opartymi na badaniu stabilnych izotopów wodoru i tlenu. Jak wykazaliśmy w naszych pracach, podwyższenie temperatury zawsze poprzedzało wzrost stężeń CO₂ w lodzie o 1000 do 13 000 lat. Podobne zjawisko: najpierw wzrost temperatury a około 5 miesięcy potem wzrost CO₂ w powietrzu obserwuje się również w dzisiejszej atmosferze. Powodem tego jest zwiększone odgazowywanie dwutlenku węgla z cieplejszego oceanu, który jest głównym źródłem CO₂ w atmosferze.

Badania botaniczne, oparte na zależności gęstości aparatów szparkowych (stomata) liści od stężenia CO₂ w powietrzu wskazują, że w okresie od 9 380 do 10 070 lat temu stężenie to wahało się od 333 do 348 ppmv, czyli było podobne do obecnego. Również z bezpośrednich pomiarów CO₂ w powietrzu, prowadzonych w 10 krajach europejskich od r. 1816, wynika, że średnie stężenie CO₂ wynosiło w XIX wieku 335 ppmv.

W pradawnych czasach stężenie CO₂ w powietrzu było znacznie wyższe niż obec-

nie, i wcale nie miało dramatycznego wpływu na temperaturę. Szacuje się na podstawie gęstości szparek w liściach, że w eocenie, 50 milionów lat temu, stężenie to wynosiło 2000 ppmv a temperatura była tylko o 1,5°C wyższa niż teraz. Przed 90 milionami lat (kreda) stężenie CO₂ było 2 600 ppmv, a w karbonie (340 milionów lat temu) 4 000 ppmv. Kiedy przed 440 milionami lat (ordowik) poziom CO₂ wynosił 6 500 ppmv, na lądach obu półkul występowały lodowce.

Czynniki określające przemiany dzisiejszego klimatu

Zmiany temperatury atmosfery nie idą w parze ze zmianami stężenia CO₂ i innych śladowych gazów cieplarnianych. Natomiast są zgodne ze zmianami aktywności Słońca, przebiegającymi w cyklach trwających po 11 i około 90 lat. Wiadomo o tym już od 1982 r., kiedy T. Landscheidt zauważył, że w okresie od r. 1000 do 1950 temperatura powietrza ściśle zależała od cyklicznej aktywności Słońca. W 1991 r. ukazała się w *Science* praca E. Friis-Christensen i K. Lassena, przedstawiająca zadziwiającą zgodność w latach 1865 – 1985 temperatury półkuli północnej z 11-letnimi cyklami pojawiania się plam słonecznych. Plamy te są miarą aktywności Słońca.

Pomiary satelitarne wykazują, że zmiany radiacji słonecznej mogą odpowiadać zmia-

Zawartość	Gigatony
Osady	60 000 000
Substancje organiczne w wodzie morskiej	1000
Substancje nieorganiczne w wodzie morskiej	38 000
Paliwa kopalne (dostępne)	7 200
Atmosfera	727
Gleba	1 300
Biomasa lądowa	834
Biomasa morska	42
Roczne Strumienie	
<i>Naturalne</i>	
Ocean	106
Lądy	63
<i>Antropogeniczne</i>	
Paliwa kopalne i rolnictwo	6
Wszystkie strumienie razem	175 Gt (w tym antropogeniczne = 3,4%)

Zawartość węgla pierwiastkowego w komponentach środowiska oraz roczne strumienie CO₂ do atmosfery (w gigatonach C = 10¹⁵ g C)

nom temperatury powierzchni Ziemi nawet o 0,45°C. W 1997 r. okazało się jednak niespodziewanie, że to nie Słońce ma decydujący wpływ na przebieg krótkoterminowych

zmian klimatu, lecz raczej promieniowanie kosmiczne. Było to wielkim zaskoczeniem, gdyż energia przyniesiona przez nie do Ziemi jest wielokrotnie mniejsza od radiacji słonecznej. Tajemnica ich wpływu leży w chmurach. Mają one stukrotnie silniejszy wpływ na temperaturę dolnej troposfery niż dwutlenek węgla. Nawet gdyby zawartość CO₂ podwoiła się w powietrzu, to jego skutek cieplarniany byłby anulowany przez zaledwie jednoprocentowy wzrost zachmurzenia. W owym 1997 r. duńscy uczeni H. Svensmark i E. Friis-Christensen zauważyli, że zmiany pokrywy chmur mierzone przez satelity geostacjonarne pokrywają się idealnie ze zmianami intensywności galaktycznego promieniowania kosmicznego docierającego do troposfery: im więcej promieni kosmicznych, tym więcej chmur.

Promienie kosmiczne jonizują cząstki powietrza, zmieniając je w jądra kondensacji pary wodnej, na których powstają kryształki lodu tworzące chmury. Natomiast ilość tego promieniowania docierającego do Ziemi z wnętrza galaktyki i dalekiego Kosmosu regulowana jest zmianami tzw. wiatru słonecznego. Tworzy go gorąca plazma wyrzucana z korony Słońca na odległość wielu średnic słonecznych, niosąca z sobą zjonizowane cząstki i linie pola magnetycznego. Pędząc ku krańcom Układu Słonecznego wiatr słoneczny odpycha od Ziemi i osłabia promienie galaktyczne. Gdy wiatr słoneczny się wzmaga, z kosmosu dociera do nas mniej promieniowania, powstaje mniej chmur i robi się cieplej. Kiedy wiatr słabnie, Ziemia staje się chłodniejsza. Tak więc Słońce otwiera i zamyka nad nami parasol z chmur, regulujący klimat. Dopiero od kilku ostatnich lat astrofizycy i fizycy atmosfery starają się poznać bliżej mechanizm jego działania. Może kiedyś nauczymy się rządzić chmurami?

Wpływ przemysłu na ewolucję klimatu

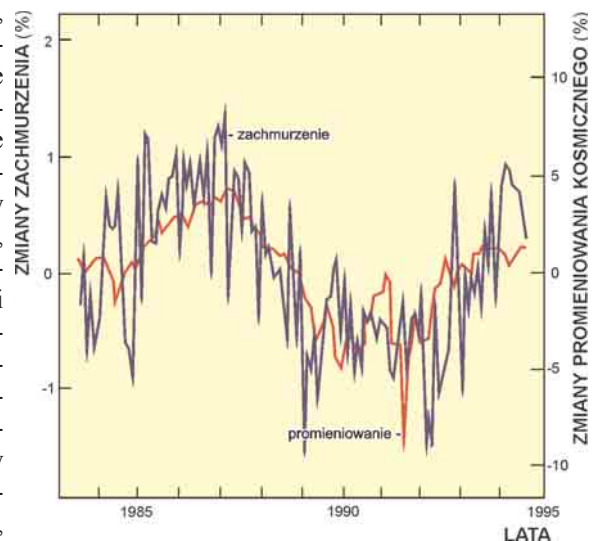
W ostatnich dziesięcioleciach spopularyzowane zostało przekonanie, że główną przyczyną ocieplania ziemskiego klimatu jest przemysłowa emisja CO₂. Zgodnie z modelami matematycznymi jego stężenie (objętościowe) w atmosferze ma w r. 2100 podwoić się do około 0,07% i spowodować podwyższenie średniej temperatury globu o 2 – 5°C, a w rejonach polarnych 8 – 10°C. Głosiciele tezy o ocieplaniu klimatu przez człowieka stwierdzają, że miałyby ono spo-

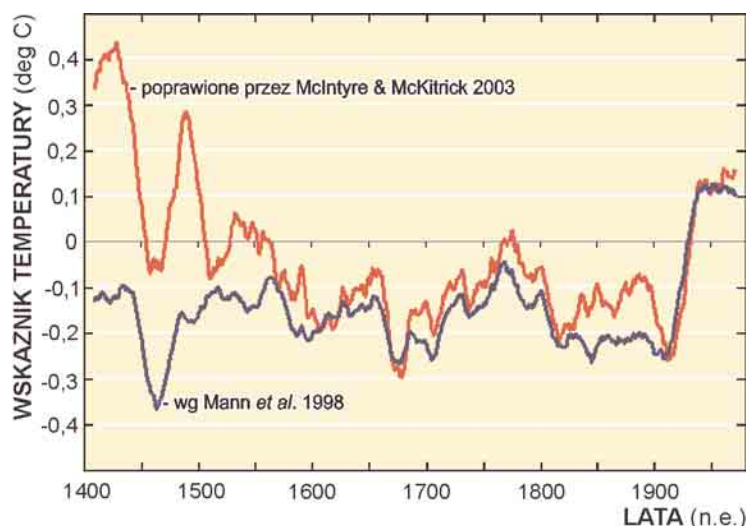
wodować wyłącznie negatywne i katastrofalne skutki.

Zmianom klimatu przeciwdziałać mają przedsięwzięcia nakazane przez Protokół z Kioto do Konwencji Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmiany Klimatu (1997). Ich kluczowym elementem jest tzw. podatek węglowy, naliczany od każdej tony pierwiastkowego węgla emitowanej w postaci CO₂ do atmosfery. W skali globu, wynosiłby on 1200 miliardów dolarów rocznie, i już w połowie obecnego wieku doprowadziłby do dramatycznego zmniejszenia dostępnej energii. Zmniejszenie to nastąpiłoby, bowiem wyklucza się zastąpienie spalania paliw kopalnych energetyką jądrową, mimo że nie emituje żadnych gazów cieplarnianych i jest najtańszą formą produkcji energii. Po wyczerpaniu ropy i gazu za kilkadziesiąt lat, a węgla za około 200, żadne inne źródło energii nie będzie w stanie zaspokoić energetycznych potrzeb świata. Zagadnienie politycznych i ideologicznych przyczyn „szaleństwa klimatycznego” przedyskutowałem w artykule opublikowanym w *Res Humana*.

Głównym rzecznikiem ograniczenia emisji CO₂ do atmosfery jest *Intergovernmental Panel on Climatic Change (IPCC)*, zorganizowany i sponsorowany przez ONZ. Najważniejszą teoretyczną podstawą walki o ograniczenie emisji gazów cieplarnianych stał się ostatnio wykres zmian temperatury w ciągu ubiegłego stulecia ocenionej na podstawie słoików drzew, opublikowany w 1999 roku w *Nature* przez Manna i współpracowników. W r. 2003 jego prawdziwość została zakwestionowana w dogłębnej pracy astrofizyków Williama Soona i Salie Baliunas z Uniwersytetu Harvarda. Posłużyli się oni pośrednimi źródłami do oceny klimatu dawnych wieków, takimi jak zapisy historyczne i źródła kulturowe, rdzenie lodowe, lodowce, odwierty geologiczne, stalaktyty i stalagmity, zasięgi lasów, skamieniałości jeziorne, fauny ssaków, wzrastanie słoików drzew i pierścieni koralu,

Zgodność zachmurzenia troposfery i natężenia promieniowania kosmicznego (wg Marsh N. D. & Svensmark, H. 2000. Low cloud properties influenced by cosmic rays. Physical Review Letters 85, 5004-5007). Promieniowanie kosmiczne jonizuje atomy i cząsteczki, umożliwiając tworzenie chmur. W okresach silniejszej aktywności Słońca, jego pole magnetyczne odrzuca od Ziemi część promieniowania kosmicznego. Powstaje wtedy mniej chmur i powierzchnia Ziemi bardziej się ogrzewa





Krzywa zmian temperatury na półkuli północnej według Mann et al. (1999) oraz IPCC (2001), która służy za główny argument zwolennikom tezy o bezpośrednim wpływie przemysłowej emisji gazów cieplarnianych na klimat, i jej poprawna wersja wg McIntyre & McKittrick (2003)

celuloza torfowa, pyłki roślin, dane fenologiczne i osady morskie. Druzgocącą krytykę Manna i IPCC przeprowadzili S. McIntyre i R. McKittrick w pracy *Corrections to the Mann et al. (1998) proxy data base and Northern Hemispheric average temperature series* opublikowanej w prestiżowym brytyjskim czasopiśmie *Energy & Environment* w r. 2003. Autorzy ci przeprowadzili szczegółową kontrolę bazy danych i obliczeń na których oparte zostały wnioski Mann et al. i wykazali, że obliczenia zostały przeprowadzone błędnie, że popełniono wiele pomyłek w użyciu danych pomiarowych, a przede wszystkim że dokonano *biased selection of climate records*. Prawidłowa analiza oryginalnych danych użytych w pracach Mann et al. daje zupełnie inną krzywą, która wykazuje silne ocieplenie średniowieczne, silne oziębienie w Małej Epoce Lodowej, oraz niewielkie ocieplenie dzisiejsze, mniejsze od średniowiecznego.

Przyszłość ziemskiego klimatu

Klimat zmienia się bezustannie. Naprzemienne cykle długich okresów zlodowaceń i znacznie krótszych ciepłych okresów międzylodowcowych następują po sobie dość regularnie. W ciągu ostatnich 2 milionów lat typowa długość cykli wynosiła około 100 tys. lat, z czego na epoki lodowe przypadało średnio po 90 tys. lat, a na epoki ciepłe po 10 tys. lat. Pomiędzy lodowcową a ciepłą fazą cyklu różnica temperatur wynosi 3 – 7°C. Obecna ciepła faza zapewne dobiega swego końca; jest już o 500 lat dłuższa od średniej. Przejścia pomiędzy ciepłymi i zimnymi fazami klimatu są dramatycznie krótkie: trwają zaledwie 50, 20, a nawet kilka lat i pojawia-

ją się właściwie bez ostrzeżenia. Trudno prognozować kiedy nadejdzie nowa epoka lodowa i lądolód zacznie pokrywać Skandynawię, Europę środkową i północną, Azję, Kanadę, Stany Zjednoczone, Chile i Argentynę warstwą lodu o grubości setek i tysięcy metrów, a lodowce górskie w Himalajach, Andach, Alpach, Afryce i Indonezji znowu zejdą w doliny. Niektórzy klimatolodzy twierdzą, że czeka nas to za 50 – 150 lat. Co stanie się z Morzem Bałtyckim, jeziorami, lasami, zwierzętami, miastami, narodami i całą infrastrukturą współczesnej cywilizacji? Zostaną zmiecione postępującym lodem, a potem pokryte zwałami moren.

Zbliżająca się nowa epoka lodowa, nie zaś rzekome ocieplenie klimatu przez człowieka, jest prawdziwym wyzwaniem stojącym przed ludzkością, większym niż wszystkie inne w historii. Zanim nadejdzie, cieszymy się krótkotrwałym ociepleniem, łaskawym darem natury i intensywnie badajmy chmury. Ale najważniejsze, nie podejmujemy decyzji politycznych, opartych na wątpliwych teoriach i ideologiach, które mogłyby doprowadzić do światowej klęski ekonomicznej i załamania współczesnej cywilizacji.

Zalecana literatura

- Bate, R. (ed) 1998. *Global Warming — The Continuing Debate*. 230 pp. The European Science and Environment Forum, Cambridge.
- Emsley J. (ed) 1996. *The Global Warming Debate*. 288 pp. European Science and Environment Forum, London.
- Jastrow, R., Nierenberg, W., & Seitz F. (eds) 1990. *Scientific Perspectives on the Greenhouse Problem*. 254 pp. The Marshall Press Jameson Books, Inc., Ottawa, Illinois.
- Jaworowski, Z. 1999. The global warming folly. *21st Century Science and Technology* 12 (4), 64-75.
- Jaworowski, Z. 2004. Może nie zniszczymy cywilizacji. *Res Humana*
- Jaworowski, Z., Segalstad, T.V., & Ono, N. 1992. Do glaciers tell a true atmospheric CO₂ story? *The Science of the Total Environment* 114, 227-284.
- Lomborg, B. 2002. *The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World*. 510 pp. Cambridge University Press.
- Maddox, J. 1995. Natural antidote to global warming? *Nature* 377, 193.
- Mathiesen, M.M. 2000. *Global Warming in a Politically Correct Climate*. 147 pp. Writers Club Press, New York.
- Nordhaus, W.D. 2001. Global warming economics. *Science* 294, 1283-1284.
- Seitz, F. 1996. A major deception on „Global Warming”. *The Wall Street Journal*, June 12, 1996.
- Singer, S.F. 1999. *Hot Talk Cold Science — Global Warming's Unfinished Debate*. 110 pp. The Independent Institute, Oakland, California.

Historia ewolucyjna mszyc

Piotr Węgierek

Mszyce to drobne owady o wielkim biologicznym znaczeniu. Choć gołym okiem wszystkie wydają się jednakie, są w rzeczywistości bardzo różnorodne morfologicznie. Przynajmniej w pewnym stopniu ich morfologia odzwierciedla biologię. Znaleźiska paleontologiczne pozwalają na doszukanie się ładu w ich różnorodności i objaśnienie natury przemian ich sposobu życia.

Przodkowie mszyc

Do wysysania soków roślinnych przystosowane były już najstarsze znane owady uskrzydłone z końca wczesnego karbonu (Palaeodictyoptera). Dowodzi tego ich dobrze rozwinięty ssący aparat głowowy. Nie one były jednak przodkami pluskwiaków, lecz znacznie bardziej ewolucyjnie zaawansowane Hypoperlidae, z wczesnego permu. Cechowało je stopniowe wydłużenie szczęk i żuwaczek związane prawdopodobnie z odżywianiem się pyłkiem.

Niewątpliwe pluskwiaki są znane od wczesnego permu. Za bezpośrednich przodków pluskwiaków uważa się krewniaków *Archescytina*, występującej od wczesnego do późnego permu. Były to owady drobnych rozmiarów (0,5 – 3 cm). Ich przednie i tylne skrzydła miały podobną budowę i wielkość, w spoczynku składane były dachówkowato nad odwłokiem. Ssawka Archescytinidae była stosunkowo długa, podobnie jak czułki. Mocne tylne odnóża wskazują na zdolność do skoków. Odwłok zakończony był pokładelkiem. Niekiedy było tak długie, że zwijało się w pętlę pod odwłokiem. Bardziej przypominało pokładelko niektórych dzisiejszych błonkówek niż pluskwiaków. Można przypuszczać, że służyło do składania jaj w niedojrzałych szyszkach zarodniowych a płaskie larwy opuszczały miejsce rozrodu po dojrzeniu zarodni. Zaawansowana konstrukcja aparatu głowowego sugeruje, że mogły wykorzystywać soki z wiązek przewodzących roślin jako pierwsze zdolne do tego owady.

Ewolucyjne różnicowanie Archescytinidae, podobnie jak innych pluskwiaków, przypadło na epokę ekspansji nagozależkowych, takich jak późne paprocie nasienne (*Peltaspermales*) i iglaste. Przez 20 mln lat były je-

dynymi pluskwiakami. Grupa ta zwiększyła różnorodność pod koniec permu, około 260 mln lat temu. Powstały wtedy pierwsze piewiki (cykadokształtne + fulgorokształtne) i linia (*Sternorhyncha*) prowadząca do mszyc. Dogłębnych przemian środowiska między permem a triasem nie przetrwały paleozoiczne paleodiktioptery ani Hypoperlidae, znikają również z zapisu paleontologicznego Archescytinidae. W triasie uformowały się pluskwiaki różnoskrzydłe (*Heteroptera*).

Pierwsze stadia ewolucji mszyc

Mszyce są rówieśnikami dinozaurów i ssaków. Pierwsze znane nam mszyce pochodzą z późnego triasu Australii, Azji i Europy. Świadczy to o tym, że grupa ta już wtedy miała bardzo szeroki zasięg. Wtedy też formowały się błonkówki, a nieco wcześniej powstały muchówki.

Triasowe mszyce znane są jedynie z odcisków skrzydeł. Po swych przodkach zachowały błoniaste skrzydła z wyraźnym żyłkowaniem. Skrzydła już wtedy miały budowę typową dla tej grupy – żyłki w części nasadowej były połączone we wspólny pień zakończony pterostigmą, od której odchodziła żyłka Rs. Od wspólnego pnia odchodziły żyłki M i CuA. U jurajskich i wczesnokredowych mszyc zakres zmienności użytkowania i budowy skrzydeł jest porównywalny z tym, jaki cechuje ich dzisiejszych potomków. Miernikiem różnorodności jest ułożenie żyłek kubitalnych (CuA) i stopień redukcji tylnych skrzydeł.

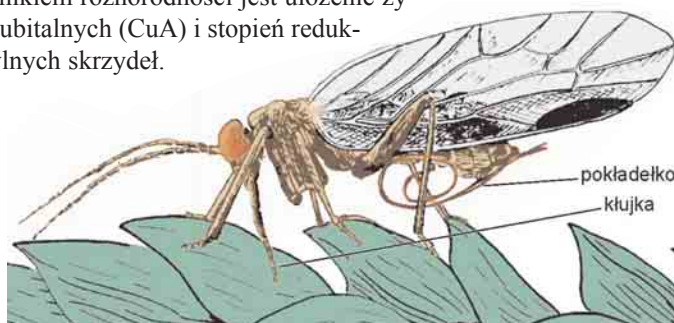
Tshekardobia osmylina, przedstawiciel Hypoperlidae z wczesnego permu, Tshekarda, Ural (rekonstrukcja wg A. G. Ponomarenko)



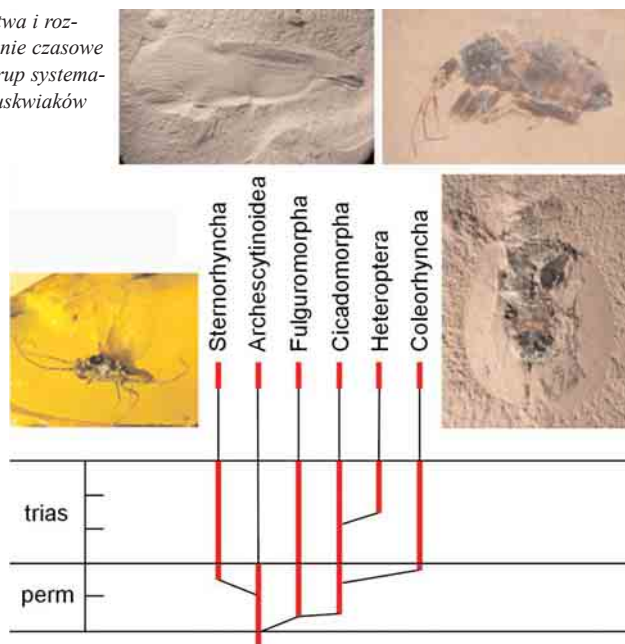
Skamieniały pluskwiak z rodziny Archescytinidae; wczesny perm, Tshekarda, Ural (kolekcja Instytutu Paleontologii Rosyjskiej AN w Moskwie (PIN), fot. D. E. Shcherbakov)



Rekonstrukcja Archescytina (wg A. G. Ponomarenko)



Pokrewieństwa i rozprzestrzenienie czasowe głównych grup systematycznych pluskwiaków

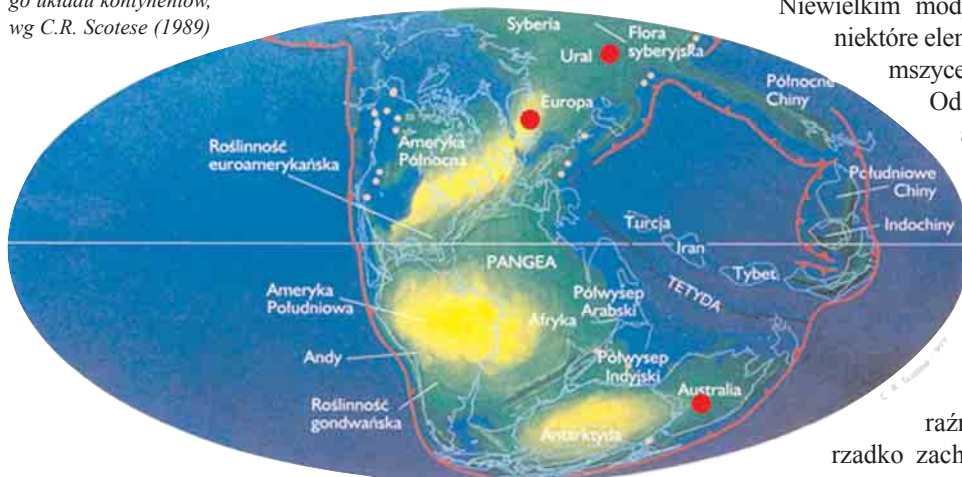


Nic nie wiadomo o przebiegu ewolucji morfologicznej mszyc na najwcześniejszych etapach (trias, jura) przez prawie 100

Odcisk skrzydła najdawniejszej znanej mszycy (Creaphis theodora); środkowy-późny trias, Dzhalou-Tcho, Azja Środkowa (PIN, fot. D. E. Shcherbakov)



Rozmieszczenie stanowisk, z których znane są odciski triasowych mszyc na tle ówczesnego układu kontynentów, wg C.R. Scotese (1989)



dzić zmiany, jakie zachodziły w anatomii mszyc w stosunku do ich przodków i doprowadziły do dzisiejszego stanu.

Czułki Archescytinidae były zbudowane z bardzo wielu (co najmniej 10) nieodróżnionych członów. U najstarszych mszyc czułki składają się zazwyczaj z siedmiu członów (choć bywają też pięcioczłonowe) i mają już charakterystyczne wydłużenie trzeciego członu. Ostatni człon zachowuje zwykle jednolitą budowę i jest tępo zakończony. Dzisiejsze mszyce mają zwykle 6 członowe czułki, ostatni człon ma wyodrębnioną nasadę i wyrostek końcowy.

Czułki owadów są narządami nie tylko zmysłu dotyku, ale odbierają też wrażenia węchowe. Receptorami zmysłowymi na czułkach pluskwiaków, szczególnie u Sternohyncha, są rinaria. Rozmieszczenie rinariów u wczesnokredowych mszyc odbiegało od schematów spotykanych u współczesnych przedstawicieli. Rinaria były ułożone w liczne poprzeczne rzędy na wszystkich członach czułków. Tylko na nielicznych odciskach widoczne są tzw. rinaria pierwotne na ostatnim członie czułka, w takich przypadkach wyodrębniony jest też zwykle krótki wyrostek końcowy.

Budowa oczu złożonych mszyc jest swoista i odmienna niż u innych owadów. Składają się one z dwóch części: oka złożonego z licznych fasetek i trójoczka, które umieszczone jest na odrębnej wypukłości w tylnej części oka złożonego. Tak zbudowane oczy występowały już u mszyc wczesnokredowych.

Można więc stwierdzić, że model budowy ciała mszyc ukształtował się na bardzo wczesnym etapie ewolucji grupy przed 150 – 140 mln lat (jura). Choć świat otaczający mszyce zmienił się bardzo, to od wczesnej kredy do dziś plan ich budowy pozostał niezmienny. Niewielkim modyfikacjom ulegały jedynie niektóre elementy ciała. W triasie i jurze mszyce były rzadkimi owadami.

Od wczesnej kredy są liczną, a czasami dominującą grupą owadów lądowych.

Wydzieliny mszyc i symbioza z mrówkami

Odwłok mszyc jest zwykle pozbawiony wyraźnych sklerytów i dlatego rzadko zachowują się szczegóły jego



budowy u mszyc kopalnych. Tym cenniejsze są odciski potwierdzające, że bardzo wcześnie pojawiały się już takie specyficzne dla mszyc struktury, jak guzki, kolcokształtne włoski oraz długie wyrostki. Najprawdopodobniej już w kredzie mszyce za pomocą wyspecjalizowanych gruczołów wytwarzały wosk.

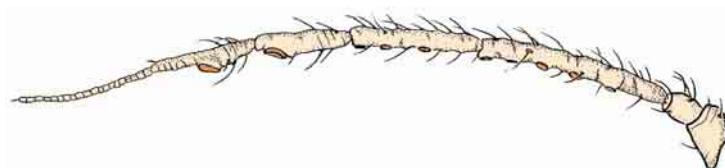
Na odwłoku niektórych mezozoicznych mszyc znajdowały się także charakterystyczne struktury położone zwykle pomiędzy piątym i szóstym tergitem – syfony. Syfony to narządy wydzielania feromonów. Ich występowanie jest związane z kolonijnością i otwartym trybem życia. U kredowych mszyc występowały syfony dwu typów: w formie niedużych stożków oraz w postaci porów.

Równoczesne występowanie syfonów i pokładełka charakterystyczne było dla wczesnokredowych przedstawicieli rodziny Oviparosiphidae, podobnie jak dla późnokredowych Canadaphididae i Cretamyzidae. Dopiero w erze kenozoicznej doszło do rozdzielania kierunków ewolucji – te mszyce, które są jajorodne w ciągu całego cyklu życiowego zachowały pokładełko, te które rozmnażają się żyworodnie mają natomiast syfony.

Mszyce z syfonami mają ostatni tergit odwłoka przekształcony w zadziwiający i charakterystyczny dla nich twór zwany ogonkiem. U mezozoicznych mszyc przyjmuje on palcowaty lub kolbkowaty kształt. Narząd ten wykazuje zadziwiającą różnorodność u mszyc dzisiejszych. Ogonek służy do odrzucenia bogatych w cukier odchodów. Mszyce, podobnie jak większość pluskwików równoskrzydłych (Homoptera), odżywiają się sokami floemu lub pojedynczych komórek. Pokarm ten jest zbyt bogaty w cukry i dlatego mszyce pozbywają się ich nadmiaru. Obecność ogonka u wczesnokredowych Oviparosiphidae może świadczyć, że już wtedy mszyce wykorzystywały bogate w cukier soki roślin. Mogły więc już w kredzie powstawać miody spadziowe, gdyby by-



Budowa skrzydeł przedstawicieli wymarłych rodzin mszyc: Genaphididae, późna jura, Karatau, Kazachstan, (PIN, fot. D. E. Shcherbakov); i Palaeoaphididae, wczesna kreda, Baissa, Rosja (PIN, fot. I. Kania)



Czulek dzisiejszej mszyce i mszyce wczesnokredowej



ły wtedy pszczoły, które znane są dopiero z paleogenu.

Znacznie wcześniej słodkie odchody mszyc wykorzystywały mrówki. Najstarsze mrówki znane są z końca późnej kredy, były to jednak wtedy duże owady prowadzące drapieżny tryb życia. Mutualistyczne związki mszyc mogły powstać dopiero z mrówkami społecznymi. Morfologicznie było to związane z powstaniem kolankowatych czuleków i trójkątnych żuwaczek. Taka budowa głowy umożliwia manipulację jajami, małymi larwami, ale także opiekę nad delikatnymi mszycami. Mogło do tego dojść już pod koniec kredy, ponieważ z bursztynu kanadyjskiego znamy zarówno mszyce jak i tzw. prawdziwe mrówki (Dolichoderinae, Aneuretinae).



Rinaria – narządy zmysłu wczesnokredowej mszyce



Mszyca z rodziny Shaposhnikovidae (Szelegiewiczia maculata) z gruczołami na odwłoku; wczesna kreda, Baissa, Rosja (PIN, fot. D. E. Shcherbakov)

Mszyce ruchliwe

Specyfikę mszyc jako grupy w większym stopniu niż morfologia określa bionomia. O trybie życia wymarłych mszyc moż-

Syfony na końcu odwłoka mszycy z rodziny *Oviparosiphidae*, *Khotontaphis lachnoides*; późna jura-wczesna kreda, Khotont, Mongolia (PIN)



Mszyce z rodziny *Oviparosiphidae* z wczesnej kredy Baissy, Rosja (PIN): palcokształtny ogonek *Dinaphis multisensoriata*; okaz *Vitimaphis rasnitsyni* i zakończenie jej odwłoka (PIN)

Krótkonoga mszyca (*Juraphis crassipes*) prowadząca matoruchliwy tryb życia i długonoga (*Juracallis longipes*) o otwartym trybie życia; późna jura, Karatau, Kazachstan (PIN, fot. D. E. Shcherbakov)



Ścisły związek z roślinami

Wszystkie mszyce odżywiają się wyłącznie wysysanymi sokami roślinnymi. Taki sposób pobierania pokarmu premiuje małe rozmiary i małą ruchliwość. Specjalizacja prowadzi do powstanie ścisłych związków z nielicznymi, a nawet pojedynczymi gatunkami roślin.

Dzisiejsze mszyce żerujące na jednym gatunku związane są głównie z roślinami, które tworzą rozległe, zwarte jednogatunkowe zarośla o dużej bioma-

sie. Duże zróżnicowanie gatunkowe roślin żywicielskich na małej przestrzeni, a przez to mała gęstość populacji nie sprzyja ścisłości związków.

Zastanawiające, że z ewolucyjnie przecięż bardzo dawnymi paprotnikami związana jest niewielka liczba gatunków mszyc (ponad 40) i to prawie wyłącznie z najmłodszej rodziny Aphidodea. Liczba gatunków paprotników przewyższa 260 razy liczbę żyjących na nich gatunków mszyc. W odniesieniu do iglastych stosunek ten wynosi około 1. Z kolei liczba gatunków roślin dwuliściennych jest ponad 60 razy, a jednoliściennych ponad 130 razy większa od ilości żyjących na nich gatunków mszyc. Jak wynika z tych wyliczeń, najbogatsza jest fauna mszyc żyjąca na nagozależkowych.

Przedstawione dane można objaśnić przyjmując, że stan ten jest konsekwencją zdarzeń w erze mezozoicznej. Mszyce zapewne przystosowały się w początkach swojej ewolucji do żerowania na nagozależ-

kowych, które były wówczas szeroko rozprzestrzenione. Prawdopodobnie były to nie tylko iglaste. Fauna mchów i paprotników już wtedy była najprawdopodobniej niebogata i składała się z wyspecjalizowanych gatunków wyposaż-





żonych w trudne do przełamania mechanizmy obronne.

Zastanawia bardzo wolne tempo przechodzenia mszyc na rośliny okrytozalążkowe. W kredowym bursztynie kanadyjskim, gdzie mszyce są bardzo liczne, pyłek roślin okrytozalążkowych jest rzadki. Zapewne ewolucja mszyc swoistych dla kwiatowych nie rozpoczęła się w kredzie, w trakcie dogłębnej przebudowy ekosystemów lądowych, kiedy kwiatowe weszły do biocenoz, lecz znacznie później. Czas wyodrębnienia się dzisiejszych rodzin i plemion potwierdza ją zarówno dane paleontologiczne jak i genetyczne.

Upadek mezozoicznych ekosystemów zdominowanych przez ogromne dinozaury musiał wpłynąć na ewolucję mszyc. Z eoceńskiego bursztynu bałtyckiego znana jest tylko jedna rodzina mszyc o kredowych korzeniach (Elektraphididae), która wymarła dopiero później. Współwystępują z nimi przedstawiciele większości dzisiejszych rodzin, jednak gatunki są przeważnie wymarłe. Eoceński bursztyn bałtycki i miocene bursztyn dominikański dokumentują też różnorodność morf mszyc i wykorzystujących je mrówek.

Złożony cykl życiowy

Wyjątkową cechą bionomii dzisiejszych mszyc jest przemiana pokoleń i związany z nią polimorfizm oraz złożony cykl życiowy ze zmianą żywiciela.

Era mezozoiczna charakteryzowała się, mimo różnic w poszczególnych okresach, ciepłym, słabo



zróżnicowanym klimatem. Istniały oczywiście obszary z chłodniejszymi i cieplejszymi strefami. Jednak mszyce mezozoiczne, na ile to dotychczas wiadomo, nie preferowały zimniejszych obszarów. Większość miejsc z których pochodzą skamieniałości mszyc odpowiada ówczesnym subtropikom, a nawet tropikom. Pamiętać jednak należy, że średnioroczna temperatura nawet



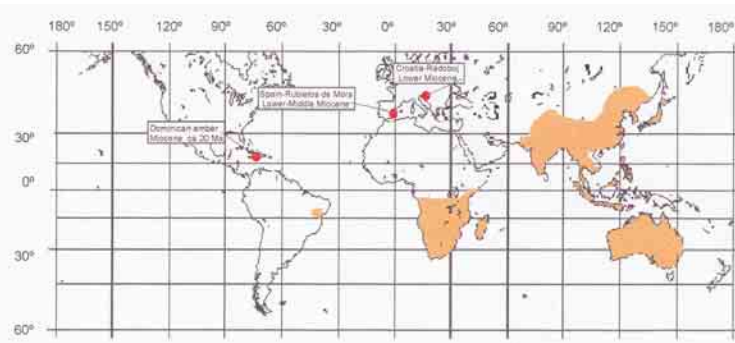
Mszyce z eoceńskiego bursztynu bałtyckiego: Halajaphis siphonosetae, Berendtapshis cimicoides i Mindarus magnus

na biegunach była wyższa od 0°C, a w tropikach nie przewyższała 30°C. Generalnie klimat na Ziemi był w mezozoiku bardziej wyrównany niż dziś.

Nie należy się więc spodziewać u pierwotnych mszyc adaptacji do sezonowości, a jeżeli one były, to dotyczyły raczej przystosowań do okresów suszy. Cykle życiowe były więc proste. Nie można wykluczyć, że do ekspansji była wykorzystywana cykliczna partenogeneza, na co wskazują dane embriologiczne.

Ze względów tafonomicznych (w postaci odcisków mogą się zachować tylko uskrzydłone osobniki) trudno ocenić kiedy po raz pierwszy u mszyc pojawiły się morfy bezskrzydłe. Najstarszą znaną nam bezskrzydłą

Larwy bzygowatych (Syrphidae) i złotooków (Chrysopidae) z bursztynu odżywiały się prawdopodobnie mszycami (fot. W. Weitschat, W. Wichard)



Rozmieszczenie mszyc rodziny Greenideidae obecnie i w miocenie

Elektraphididae z bursztynu bałtyckiego (fot. W. Weitschat, W. Wichard)



Mrówki w bursztynie bałtyckim (fot. W. Weitschat, W. Wichard)



Najstarsza znana bezskrzydła samica mszycy z wczesnokredowego bursztynu libańskiego

samicę znaleziono we wczesnokredowym bursztynie libańskim. W późnokredowym bursztynie kanadyjskim są już dość liczne, chociaż nadal dominują morfy uskrzydłone.

Klimat drastycznie zmienił się w oligocenie. Pojawiły się wyraźne strefy klimatyczne. Flory zimozielone zaczęła zastępować roślinność tracąca na zimę liście. Skurczyła się powierzchnia lasów i powstały ogromne przestrzenie stepów, zajmowane przez zioła i trawy. Zapewne skutkiem tych procesów było najnowsze różnicowanie mszyc. Te rodziny (np. Greenideidae), które zachowały poprzedni tryb życia, ograniczyły zasięg występowania. Inne mszyce, a szczególnie Aphididae, dostosowały swą biologię do klimatu strefy umiarkowanej ze zmianami pór roku. Stały się grupą wyłączną dla stosunkowo wysokich szerokości geograficznych półkuli północnej (holarktyczną), co wśród owadów jest rzadkością. Przystosowując się do sezonowości warun-

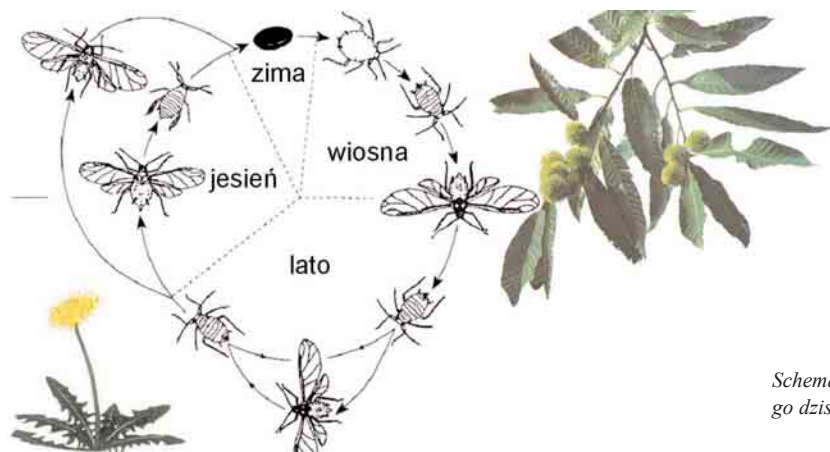
ków klimatycznych i fizjologicznych żywicieli, wykształciły złożony cykl życiowy charakteryzujący się przejściem z roślin drzewiastych na zielne wiosną i powrotem jesienią na żywiciela pierwotnego.

Morał

Historia mszyc pokazuje, że można przeżyć każdy kryzys. Ważna jest elastyczność w ewolucyjnym dostosowaniu do warunków środowiska, a tej nie brak ich liniom rozwojowym. Dotyczyła zarówno modyfikacji cykli rozwojowych, jak i niespotykanej, porównywalnej tylko z bakteriami i wirusami, zmienności osobniczej. Zmiennością jako podłożem skutecznej selekcji mszyce pokonują narzędzia walki ze szkodnikami wynajdowane przez człowieka.

Literatura

- Heie, O.E. 1994. Why are there so few aphid species in the temperate areas of the southern hemisphere? *European Journal of Entomology* **91**, 127-133.
- Heie, O.E. 1996. The evolutionary history of aphids and a hypothesis on the coevolution of aphids and plants. *Bollettino di Zoologia agraria e di Bachi-cultura, Ser. II* **28**, 149-155.
- Heie, O.E. & Węgier, P. 1998. A list of fossil aphids (Homoptera: Aphidinea). *Annales of the Upper Silesian Museum in Bytom. Entomology* **8/9**, 159-192.
- Krassilov, V.A. 2003. *Terrestrial Palaeoecology and Global Change*. 464 pp. Pensoft, Sofia/Moscow.
- Rasnitsyn, A.P. & Quicke, D.L.J. (eds.). 2002. *History of Insects*. 517 pp. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.
- von Dohlen, C.D. & Moran, N.A. 2000. Molecular data support a rapid radiation of aphids in the Cretaceous an multiple origins of host alternation. *Biological Journal of the Linnean Society* **71**, 680-717.
- Weitschat, W. & Wichard W. 2002. *Atlas of Plants and Animals in Baltic Amber*. 256 pp. Verlag Dr. Friedrich Pfeil. Munchen.



Schemat cyklu życiowego dzisiejszych mszyc

Czy krokodyle zastąpiły fitozaury

Tomasz Sulej

Ewolucyjna konwergencja jest skutkiem przystosowywania różnych organizmów do życia w podobnym środowisku. Zwykle dotyczy jedynie pewnych części ciała, które u odległych filogenetycznie gatunków upodobią się do siebie na skutek pełnienia podobnych funkcji. Podręcznikowym przykładem są płetwy ryb, morskich gadów i waleni, podobnie zbudowane, choć powstały z zupełnie niepodobnych narządów.

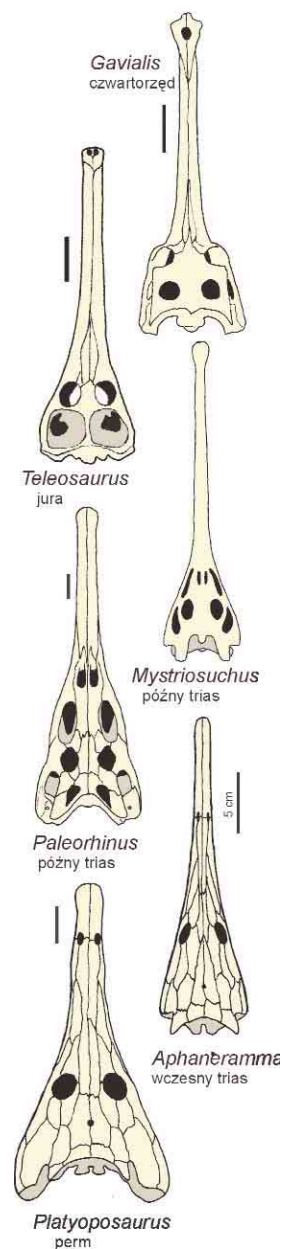
Od permu kolejne grupy czworonogów generują pewien szczególny typ przystosowawczy, który w skrócie można opisać jako zwierzę czworonożne mające długi ogon służący do pływania oraz bardzo wydłużony i wąski pysk. Taką budowę ma dzisiejszy gawiał, krokodyl żyjący w Gangesie, polujący w wodzie na ryby. Wąski pysk pozwala szybko zamykać paszczę pod wodą i chwycić ryby ostrymi zębami. Ten sposób polowania wymaga czystych, przejrzystych wód. Gawiał dobrze pływa i równie dobrze porusza się po lądzie. Najstarszym w historii zwierząt czworonożnych przykładem tego typu budowy są płazy z rodziny Archeogosauridae z permu. Z wczesnego triasu znane są podobne płazy z rodziny Lonchorynchinae. Dopiero w późnym triasie ten typ przystosowawczy wykorzystały gady. Były to fitozaury, w tym *Paleorhinus* znany z Krasiejowa pod Opolem. Już we wczesnej jurze żyły krokodyle o podobnej budowie. Były to zwierzęta morskie, choć przypuszczalnie zasiedliły także wody słodkie. Ostatni na tej liście indyjski gawiał jest krokodylem wywodzącym się z zupełnie innej linii rozwojowej.

Czy było to zastępowanie jednych grup czworonogów przez inne w ramach tego samego typu przystosowawczego? Pojawienie się wodnych krokodyli jako wynik zajęcia opuszczonych przez fitozaury nisze ekologicznych jest kuszącą hipotezą. Mogło mieć to związek z wielkim wymieraniem pod koniec triasu. Przyjrzyjmy się zatem ewolucji fitozaurów i krokodyli oraz przemianom środowisk, które miały miejsce na granicy triasu i jury.

Fitozaury

Trias to okres, w którym bujnie rozwijały się gady naczelne. Pojawiło się wiele nowych grup, a z jednej z nich powstały dinozaury. Wiele z nich znanych jest wyłącznie z wyspecjalizowanych przedstawicieli, których pochodzenie pozostaje zagadką. Jedną z takich grup o nieznanym ewolucyjnym korzeniach są późnotriasowe fitozaury. Występowały kosmopolitycznie w strefie subtropikalnej na prawie wszystkich kontynentach (poza Australią i Antarktyką). Były to wodne rybożerne gady z grupy cechującej się tzw. gadzim stawem piętowym. Na początku swego istnienia związane były głównie ze zbiornikami śródlądowymi; później pojawiły się także formy morskie. Osiągały długość od 3 do 8 metrów, choć niektóre gatunki nawet do 12 m. Być może oddychać wynurzonymi nozdrzami, ewolucyjnie wytworzyły miękkie wtórne podniebienie. Od geologicznie najstarszego *Paleorhinus* ewolucja poszła w dwóch kierunkach. *Mystriosuchus* i *Pseudopalatus* miały bardzo wydłużony wąski pysk, natomiast u *Nicrosaurus* i *Smilosuchus* pyski były stosunkowo krótkie i wysokie, cała czaszka więc była zdecydowanie masywniejsza i miała zróżnicowane uzębienie, z dużymi „kłami” na początku pyska służącymi do zabijania dużych ofiar.

Śród fitozaurów już na początku późnego triasu (w karniku) największe rozprzestrzenienie osiągnął *Paleorhinus*, który jest znany z Arizony, Basenu Germańskiego, Maroka, Indii oraz prawdopodobnie Brazylii. Późniejsze rodzaje mają ograniczone zasięgi, tym niemniej znane są aż z Tajlandii, a być może także Chin i Madagaskaru. Dobrze zachowane szczątki kostne fitozaura znalezione zostały tylko w osadach późnego karniku i noryku. Z końca triasu (retyku) nie opisano dotąd żadnych znalezisk. Są jednak doniesienia o fitozaurach z początku jury (hetanżu). Źle zachowane szczątki niekompletnej czaszki opisane przez Younga w 1951 roku z dolnych warstw Lufeng w Chinach są kontrowersyjnie datowane; choć warstwy te są zwykle



Czaszki płazów i gadów wodnych reprezentujących typ przystosowawczy czworonoga z długim wąskim pyskiem.
Skala 5 cm

uważane jako wczesnojurajskie; przez niektórych badaczy określane są jako późny trias. Nie budzi natomiast wątpliwości wiek osadów, w których znaleziono trzy zęby fitozaurów w miejscowości Hettang-Grande we Francji. Niektórzy autorzy sugerują, że zęby te zostały wyerodowane z osadów późnotriasowych i redeponowane w osadach hetanżu. Być może fitozaury przetrwały więc do początku jury, choć nie ma na to jednoznacznych dowodów paleontologicznych.

Krokodyle

W późnym triasie, gdy fitozaury przeżywały rozkwit, przodkowie krokodyli byli lądowymi drapieżnikami biegającymi na wyprostowanych kończynach. Przemiany od archozaurów ku krokodylom dotyczyły przede wszystkim budowy czaszki. Stawała się niższa i szersza. Poprzez zmniejszanie wielkości otworów w czaszce i zlewanie się kości w pojedyncze skostnienia była także coraz mocniejsza. Zupełnie zanikł otwór przedczołowy, swoisty dla gadów naczelnych. Nastąpiło też całkowite zrośnięcie dachu czaszki z mózgową czaszką. Żeby jednak czaszka nie była zbyt ciężka (jej lekkość większość archozaurów osiąga dzięki ażurowej konstrukcji) krokodyle wykształciły jamy wewnątrz kości. Usztywniło się też ściśle zamocowanie kości kwadratowej. U większości archozaurów, także u dinozaurów, było ono elastyczne, zaś u krokodyli kość ta coraz silniej zrastała się z dachem czaszki i mózgową czaszką.

Być może przebudowa czaszki była związana ze zmianą sposobu polowania i wyrywania kęsów pokarmu. Dzisiejsze krokodyle potrafią rozrywać ofiary okręcając się wokół własnej osi. W czasie takich ruchów działają na czaszkę i zęby ogromne naprężenia. Przodkowie krokodyli mieli ostre, ale niezbyt mocne piłkowane zęby, które umożliwiały jedynie wycinanie i wyrywanie kęsów mięsa, podobnie jak to czyni dzisiejszy waran. Prymitywne wczesnojurajskie krokodyle miały już dość masywną czaszkę, ale ich piłkowane zęby nie różniły się zbyt od zębów archozaurów i prawdopodobnie nie były jeszcze przystosowane do wykręcania dużych kawałów mięsa.

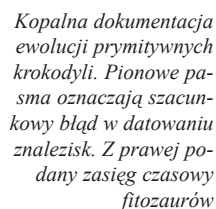
Najstarszym krokodylem jest *Hesperosuchus* z późnego karniku Arizony, a może słabo znany *Dyoplax* z Niemiec. Ciągłe nie wiadomo, z której grupy tekodontów się

wywodzą. Wczesnojurajski *Sphenosuchus* miał już niską czaszkę i wydłużony pysk. Czaszka była sztywna, a kość przedczołowa tworzyła wyrostek skierowany ku podniebieniu, przez co dodatkowo wzmacniała konstrukcję czaszki. Szkielet pozaczaszkowy, podobnie jak czaszka, stanowił mozaikę cech tekodontowych i krokodylowych. Stan ten jest zapewne skutkiem przemian ewolucyjnych, które nastąpiły przed końcem triasu.

Protosuchus z pogranicza triasu i jury Afryki Płd. jest bowiem dalej zaawansowany w tym kierunku przemian. Mimo że był zwierzęciem wciąż biegającym na wyprostowanych kończynach, w szkielecie pozaczaszkowym miał już prawie wszystkie cechy diagnostyczne krokodyli: zredukowany V palec, wydłużoną kość kruczą i kość łonową nie wchodzącą w skład panewki stawu biodrowego. Także czaszka wykazywała wiele cech krokodylowych. Występujące w niej otwory były mocno zredukowane, kości skrzydłowe ściśle zrośnięte ze sobą, część kości dachu czaszki zlała się w pojedyncze skostnienia. Kły żuchwowe wchodziły w szczelinę między kością przedszczękową i szczękową. Nieco młody geologicznie gatunek z Ameryki Płn. nie miał już otworów przedczołowych. U wczesnojurajskiego *Orthosuchus*, który był prawdopodobnie bocznym odgałęzieniem od linii prowadzącej do właściwych krokodyli, zaznaczyła się tendencja do wydłużenia pyska, a w kości skrzydłowej znajdują się rowki świadczące o występowaniu miękkiego, wtórnego podniebienia. Kość kwadratowa była już bardzo mocno połączona z boczną ścianą puszek mózgowych.

Najstarszym krokodylem przypominającym powierzchownie dzisiejsze formy jest niedawno opisany *Calsoyasuchus* z wczesnej jury. Gdy porównamy zaawansowaną budowę jego czaszki ze starszymi wczesnojurajskimi protozuchami (niestety nie znamy szkieletu pozaczaszkowego *Calsoyasuchus*) trudno zrozumieć, jakie mechanizmy doprowadziły do tak gruntownych przemian jej budowy. Miał już znacznie wydłużony pysk, małe otwory skroniowe i wąskie nozdrza wewnętrzne położone pośrodku długości czaszki. Nie miał jednak bardzo charakterystycznej cechy dzisiejszych krokodyli, jaką jest ich kostne wtóre podniebienie.

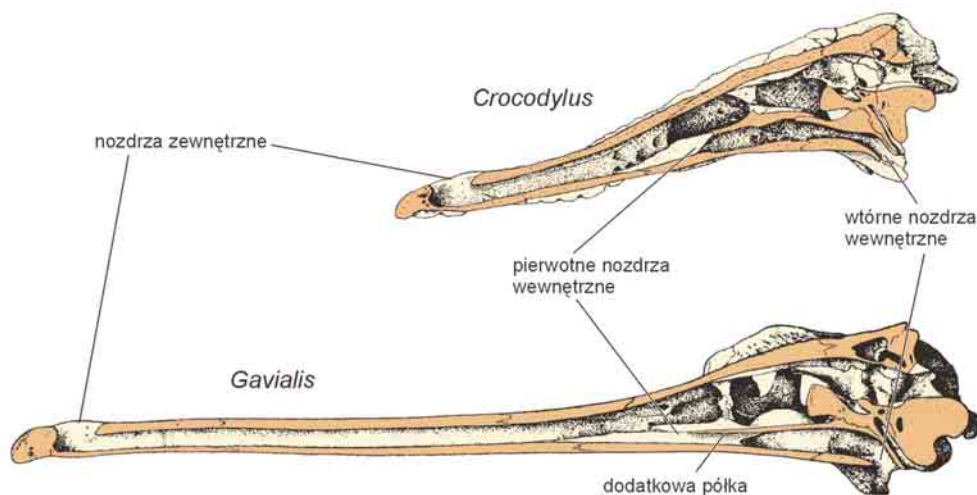
U dzisiejszych krokodyli i ssaków podniebienie wtórne powstaje jako dodatkowa półka poniżej kostnego podniebienia pier-



Jeśli *Calsoyasuchus* rzeczywiście pochodzi od protozucha, doszło do raczej dogłębnych zmian w ewolucji między tymi ogniwami. Z dobrze biegającego zwierzęcia naziemnego uformował się ziemnowodny gad o wydłużonym pysku. Być może przyczyną przyspieszenia ewolucji w tym kierunku było wykorzystanie przez krokodyle pustych nisz pozostałych po wymarciu fitozaurów. A może przyczyną ich wymarcia było raczej konkurencyjne wyparcie przez krokodyle?

Powszechnie uważa się, że fitozaurowy jest jedną z tych grup gadów, która wymarła na granicy triasu i jury, kiedy miało mieć miejsce jedno z pięciu wielkich wymierań w dziejach Ziemi. Zdaniem niektórych badaczy powodem miało być uderzenie asteroidy. Pozostałością po nim miałby być krater Manicouagan w Kanadzie oraz występująca w profilach grupy Newark warstwa irydu. Inni przyczynę widzą w bardzo intensywnym wulkanizmie. Dowodem na to ma być występowanie na samym początku jury

Podłużne przekroje
przez czaszki krokodyla
właścwegoi i gawiala
(Kálin 1955)



wielkiego rozlewiska lawy (CAMP – Central Atlantic Magmatic Province). Lawą miałyby być pokryte 7 mln km kwadratowych. Przypuszcza się, że pierwsze wybuchy wulkanów mogły spowodować katastrofę klimatyczną i gwałtowny wzrost stężenia CO₂ w atmosferze. To miałyby być bezpośrednią przyczyną wielkiego wymierania. Różne są jednak proponowane daty tego wymierania. Według jednych miało ono miejsce na granicy triasu i jury, ale Michael Benton wykazał, że, najbardziej dogłębne przemiany dotknęły fauny kontynentalne pod koniec karniku i pod koniec noryku, a więc jeszcze na długo przed granicą triasu i jury.

Jedynie stanowiska, w których istnieje w miarę ciągły zapis granicy trias/jura dla stanowisk lądowych to formacja Elliot w Afryce Południowej, formacja Lufeng w Chinach oraz grupa Newark na wschodnim wybrzeżu Ameryki Północnej. Zwykle jednak na granicy triasu i jury w osadach lądowych jest duża luka stratygraficzna. W Europie większość skamieniałości z późnego triasu znamy z osadów, które powstały w czasie podniesienia poziomu wód oceanu światowego. Między nimi istnieją znaczne luki odpowiadające wycofywaniu się morza, gdy wcześniej złożone osady były niszczone wraz z zapisanymi w nich śladami życia. Po znaczącym podniesieniu się poziomu morza w czasie retyku – ostatniego wieku triasu i w początkach jury powstały w Europie głównie osady morskie.

Gdyby rozrysować występowanie kręgowców w omawianych formacjach z podziałem na siedliska lądowe, jeziorne i morskie to okaże się, że nasza wiedza dotycząca przemian dużych kręgowców, w tym fitozaurów i krokodyli, jest znikoma. Z dość

dobrze już poznanego kajpru Europy zwierzęta lądowe znamy jedynie z warstw Stubensandstein z Niemiec datowanych na późny noryk, a z retyku tylko jeden rodzaj dinozaura drapieżnego *Liliensternus* oraz pojedyncze zęby ssaków. Lepszy jest zapis kręgowców jeziornych. Fitozaury znamy z karniku z warstw Schilfsandstein już jako formy w pełni ukształtowane. Następnie występuje luka w ich zapisie i dopiero z warstw Stubensandstein pochodzą formy znacznie bardziej zaawansowane ewolucyjnie. O tym, czy i gdzie żyły potem, nie wiemy nic pewnego. Tym bardziej nie można jednak udowodnić, że nie przetrwały do jury.

Wydaje się, że mimo ciągle nowych publikacji na temat wielkiego wymierania kręgowców lądowych na granicy trias/jura jest ono artefaktem wynikającym przede wszystkim z niekompletności zapisu. Są autorzy, którzy twierdzą, że zapis organizmów morskich również nie uzasadnia globalnego wymierania. Nawet, jeśli uderzył wtedy meteoryt, po którym w Ameryce Północnej została warstwa irydu i krater, nie można twierdzić, że katastrofa miała charakter globalny i objęła znaczny procent organizmów.

Podobne do fitozaurów krokodyle z długim wąskim pyskiem powstały prawdopodobnie dopiero w pliensbachu lub synemurze. Bardziej szczegółowy opis tego scenariusza musi jednak poczekać na skompletowanie pełniejszego zapisu kopalnego ewolucji obydwu grup. Być może wymarcie fitozaurów dało lądowym krokodylom szansę zajęcia pustych nisz i gwałtownej ewolucji.

Narodowe Muzeum Przyrodnicze; historia i marzenia

Jerzy Dzik

Zawiły bieg historii dał Polskiej Akademii Nauk w depozyt nieziszczoną ideę Narodowego Muzeum Przyrodniczego. Gromadzonymi od dwu stuleci zbiorami — bezcennym zabytkiem kultury narodowej, dysponuje dziś Muzeum i Instytut Zoologii PAN. Kontynuacją ekspozycji o równie dawnej historii jest Muzeum Ewolucji Instytutu Paleobiologii PAN. W Akademii nie tylko ponosimy odpowiedzialność za zaszłości, których skutkiem jest obecny stan muzealnictwa przyrodniczego w Polsce, ale ciąży na nas powinność doprowadzenia do końca zamierzeń naszych wielkich poprzedników, zarzuconych pod ciężarem nieszczęść, które dosięgały kraj w ubiegłym stuleciu. Skuteczne działanie wymaga wiedzy o historycznych uwarunkowaniach i wizji przyszłości, choćby nawet nierealnej. Poniżej przedstawiam w zarysie dzieje koncepcji Narodowego Muzeum Przyrodniczego i zamierzenia, których częścią są ekspozycje przygotowywane obecnie w Muzeum Ewolucji. Planując je, mamy na względzie obecne uwarunkowania przyrodniczości, które nakazują łączyć w jedno różne obszary wiedzy wbrew dominującej do niedawna specjalizacji. W cenie są dziś przecież postawy interdyscyplinarne. Niezmienne pozostają jedynie powinności przyrodników, a Muzeum jest sposobem na ich harmonijne wypełnianie w odniesieniu do dokumentacji stanu i historii ojczystej przyrody, a także badań i upowszechniania wiedzy przyrodniczej. Mam nadzieję, że nawet jeśli i tym razem nie uda się doprowadzić sprawy do skutecznego końca, łatwo o niej nie zapomnimy.

Polskie muzea historii naturalnej

Wielki rozkwit nauk przyrodniczych w osiemnastym i dziewiętnastym stuleciach, zapoczątkowany przez dzieło Linneusza (1735) a znaczone milowymi kamieniami prac Cuviera, Darwina i Haeckla miał ścisły związek z rozwojem wielkich muzeów przyrodniczych. Z tych lat pochodzą kolekcje i gmachy największych muzeów historii naturalnej w świecie: British Museum (Natural

History) w Londynie, Naturhistoriska Riksmuseet w Sztokholmie, Naturhistorisches Museum w Wiedniu, American Museum of Natural History w Nowym Jorku, Smithsonian Institution w Waszyngtonie, Field Museum w Chicago, Senckenbergisches Museum we Frankfurcie n. M. czy Narodni Muzeum w Pradze. Kolekcje przyrodnicze zgromadzone w muzeach w ciągu ostatnich dwustu lat są do dziś podstawą działalności wielu powiązanych z nimi instytucji naukowych. Wciąż opracowuje się w nich materiały zdobyte przez ekspedycje naukowe przed wieloma dziesiątkami lat. Materiały w wielu wypadkach niepowtarzalne, dokumenty nieistniejących już części światowego dziedzictwa przyrodniczego. Instytucja muzeum historii naturalnej okazała się żywotna mimo upływu lat i działalność wielu z nich cieszy się coraz większym zainteresowaniem i uznaniem zachodnich społeczeństw, coraz lepiej rozumiejących zagrożenia dzisiejszej przyrody i wspólną za to odpowiedzialność. To wynik podnoszenia poziomu wiedzy i kultury szerokich kręgów społecznych w naszych czasach i wzrostu zainteresowania naturalnym środowiskiem człowieka w miarę jego dewastacji.

Narodziny idei. Polski wkład w budowę fundamentów wiedzy przyrodniczej był niewielki, ale też Polska nie była od postępu światowej wiedzy izolowana. Pierwsze udokumentowane publikowanym opisem muzeum przyrodnicze w państwie polskim stworzone zostało w Warszawie za czasów Jana III Sobieskiego przez Martinusa Bernhardi, nobilitowanego w 1673 roku pod nazwiskiem de Bernitz dworzanina i lekarza kolejnych królów. Były w tych zbiorach m. in. skamieniałości. Po śmierci właściciela zbiór zakupiony został przez Dominika Radziwiłła i wystawiony w jego pałacu przy ul. Miodowej. Wywieziony do Nieświeża wkrótce spłonął w czasie wojennej zawieruchy.

Pierwszy program organizacji centralnego ogólnopolskiego muzeum przyrodniczego, pełniącego równocześnie funkcje instytucji naukowej i ośrodka dokumentacyjnego powstał przed ponad dwustu laty. Opublikowanie w 1775 roku w czasopiśmie *Zabawy przy-*

Wyciątki z tekstu artykułu
Michała Mniszcha
(1775) dotyczące przy-
rodniczej części jego
Musaeum Polonicum

Trzy regna składające hyftoryą naturalną, pożytecznie nam dopomogą do poznania w kraiu znajdujących się minerałów y kruszców gatunku, ziem różnych y kamieni różności, drzew, roślin, y zioł rozmaitości, zwierząt rodzajów.

Wchodzi tu zbior marmurow, alabastrów y innych kamieni, zwłaszcza krajowych, gdzie mieścić się mogą drzewa różne skamieniałe.

Siarki, bursztyny, suxyna, bytumi-na, y liczne gatunki fosylyes, niemniej wy badań naszych celem być powinny.

Równie minerałów, kruszców y puł-kruszców poznanie y zebranie, z wyrażeniem mieysc, gdzie się znajdują y wartości w nich się zawierającey, ziem, glin, piasków, wielorakie gatunki zaradzają się, gdyż y doskonaleniu rolnictwa, y rozkrzewiającym się fabrykom skutecznie służą.

Szafy ofobne zawierałyby praftw w Polfczce znajdujących się rodzaje. podział ich łatwy, na wodne leśne, y swoyskie, starownie wypchane, kształt ich y pior piękność by się utrzymały, przy nich gniazda y iaia mogłyby być zebrane. Sławne w cudzych krajach u wybadaczów natury, gniazdo ptaka zwanego u nas remiż, po łacinie paffler pendulinus. W tym podziale *Regni animalis*, wchodzą ryby, motyle, węże, iafzczury, zgoła wszystkie rodzaje gadzin, robaftw y zwierząt, iako ogniwa niepojętego stworzeń łańcucha. Przyłączyć należy oyczytym wyłożone ięzykiem opisy, z Bufona, y innych naturalistów.

Regnum Vegetale troiako zebrane być może: mogą zioła, rośliny, y drzewa, na dzikie y ogrodowe, na pożyteczne y tylko ciekawe, w mieyscu na to obroconym być sadzone, utrzymywane y rozmnożone: lub też same drzew owoce, *in spiritu vini*, same zioła wyfuszane *in herbario vivo* złożone y dochowane. Trzeci zaś sposob sztychowane, kolorowane, y porządkiem umieszczone zbiory zaftąpią.

jemne i pożyteczne z różnych autorów zebrane „Myśli względem założenia Musaeum Polonicum” 27-letniego wówczas erudyty Michała J. M. Mniszcha wyznacza narodziny idei polskiego muzealnictwa przyrodniczego. Miała to być instytucja publiczna finansowana ze środków społecznych; projekt zawierał nawet jej kosztorys (budżet 20 000 zł rocznie). Jednym z czterech działów Musaeum Polonicum miały być zbiory przyrodnicze. Michał Mniszech stał się później jednym z bardziej aktywnych członków Komisji Edukacji Narodowej i założonego w 1777 roku Towarzystwa Fizycznego. Pierwsza szansa wprowadzenia w życie pomysłu utworzenia polskiego muzeum przyrodniczego pojawiła się wkrótce, ale w całkiem niesprzyjającym momencie. W 1795 roku Anna z Sapiehów Jabłonowska postanowiła przekazać narodowi swoje wielkie zbiory przyrodnicze zgromadzone w pałacu w Siemiatyczach. Po jednej z sal miały w nim kolekcje geologiczne, zoologiczne i botaniczne; podobno były liczniejsze niż w ówczesnym paryskim Museum d'Histoire Naturelle. Po wybuchu Insurekcji zostały one, wraz z biblioteką, przeniesione do pałacu Jabłonowskich w Warszawie. Dar nie został jednak w czasie tak burzliwym przyjęty przez rząd a po śmierci właścicielki w 1800 roku zbiory zostały zakupione przez cara Aleksandra I za 50 000 dukatów i wywiezione do Moskwy, gdzie w większości spłonęły w czasie inwazji napoleońskiej. Wraz z upadkiem I Rzeczypospolitej upadła więc i pierwsza możliwość utworzenia państwowego Muzeum Przyrodniczego.

Utrata suwerenności państwa polskiego przypadła na czas rozkwitu światowego przyrodoznawstwa. Mimo aktywności polskich przyrodników, którzy wnieśli istotny wkład w rozwój światowej nauki służąc obcym narodom (sławę zyskali Edward Strasburger, Ignacy Domeyko, Edmund Strzelecki, Jan Czerski, Benedykt i Władysław Dybowski, Aleksander Czekanowski) nie było warunków do tworzenia instytucji naukowych i muzealnych. Porozbiorowe represje, wojny napoleońskie i kolejne powstania nie dawały żadnych szans na porównywalny z innymi krajami rozwój muzealnictwa przyrodniczego w Królestwie. Również dla Poznańskiego muzealnictwa przyrodniczego nie było wówczas sprawą wystarczająco istotną z narodowego punktu widzenia, choć nie sposób pominąć np. zbiorów przyrodniczych Wielkopolskiego Towarzystwa

Przyjaciół Nauk eksponowanych wówczas w Muzeum im. Mielżyńskich. Mimo wszelkich trudności, w podzielonej Polsce zapoczątkowały jednak wkrótce działalność liczne przyrodnicze instytucje muzealne, z których trzy stały się godne miana muzeum narodowego. To liberalna Galicja stała się wtedy ośrodkiem polskiego przyrodoznawstwa.

Muzeum im. Dzieduszyckich we Lwowie.

Najstarszym i bodaj najważniejszym muzeum przyrodniczym o ogólnopolskim znaczeniu było Muzeum im. Dzieduszyckich we Lwowie. Powstało w 1855 roku z połączenia w jedną całość zbiorów przyrodniczych, etnograficznych i numizmatycznych zamiłowanego ornitologa, Włodzimierza Dzieduszyckiego. Dołączyły do nich w 1857 roku zbiory biblioteczne Józefa K. Dzieduszyckiego z Poturzyca. W 1880 roku Muzeum ofiarowane zostało społeczeństwu a jego byt materialny zapewniony przez połączenie w 1893 z ordynacją poturzycką.

W skład Muzeum wchodziło siedem działów: zoologiczny, botaniczny, mineralogiczny, geologiczny, paleontologiczny, prehistoryczny i etnograficzny. Dominowały zdecydowanie zbiory przyrodnicze (150 000 pozycji inwentarzowych wobec 9 000 okazów w działach prehistorii i etnografii). Muzeum zajęło osobną, specjalnie przystosowaną do tego kamienicę. Oprócz gromadzenia zbiorów przyrodniczych z całej przedrozbiorowej Polski, zajmowało się również działalnością badawczą i wydawniczą. Od 1866 wychodziły *Rozprawy*, a od 1914 periodyk *Rozprawy i Wiadomości Muzeum im. Dzieduszyckich*. Wśród wielu osobnych wydawnictw znalazły się dzieła tej miary co *Geologia Ziemi Polskiej* Józefa Siemiradzkiego czy monografie entomologiczne Jarosława Łomnickiego i Józefa Dzieścielewicza. Zniszczenie ordynacji poturzyckiej podczas I Wojny Światowej i wojny polsko-bolszewickiej było przyczyną spadku znaczenia Muzeum w II Rzeczypospolitej. Dyrektorem był wówczas Jarosław Łomnicki, który zatrudniał kilku pracowników naukowych. Po II Wojnie Światowej sprawa ewentualnej rewindykacji zbiorów, podnoszona m. in. przez geologa Jana Samsonowicza, została zaniedbana i pozostają one do dziś we Lwowie. W niedawno odnowionym budynku działa Muzeum Przyrodnicze Ukraińskiej Akademii Nauk, które ściśle współpracuje z polskimi badaczami.

Muzeum Fizjograficzne w Krakowie.

Druga wielka galicyjska instytucja przyrodnicza to utworzona w 1865 roku Komisja Fizjograficzna Towarzystwa Naukowego Krakowskiego. Rok później rozpoczęto systematyczne gromadzenie zbiorów a od 1867 roku wydawanie corocznych sprawozdań. Główne dzieła przyrodnicze wówczas opublikowane to monografie geologiczno-paleontologiczne Ludwika Zejsznera i Alojzego Altha, wydawano także prace z dziedzin botaniki i zoologii. W 1874 roku, dwa lata po przemianowaniu Towarzystwa na Akademię Umiejętności, w *Pamiętniku Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego AU* pojawiły się monografie przyrodnicze. Nieprzerwanie rozrastające się Zbiory Komisji stały się 1928 roku podstawą utworzenia Muzeum Fizjograficznego Polskiej Akademii Umiejętności.

Muzeum Przyrodnicze Akademii Umiejętności jeszcze przez pewien czas po wojnie obejmowało trzy bardzo bogate w ekspozycje działy: botaniczny, zoologiczny i geologiczny. Ozdobą kolekcji stał się kompletny okaz drugiego nosorożca ze Staruni, wydobyty podczas wykopalisk Polskiej Akademii Umiejętności podjętych w 1929 roku. Komisja Fizjograficzna PAU została jednak zlikwidowana w 1945 roku a w 1952 roku rozwiązano Polską Akademię Umiejętności. W wyniku tych przekształceń w 1954 roku Muzeum włączone zostało do Instytutu Zoologii PAN w Warszawie, ale od 1962 roku uzyskało pewną samodzielność stopniowo przekształcając się w osobny instytut badawczy. Jeszcze w 1952 roku wyłączono z Muzeum zbiory geologiczno-paleontologiczne i po kilku latach stały się częścią również usamodzielniającej się filii warszawskiego instytutu PAN. W 1965 roku zbiory te zostały przeniesione do wyremontowanego budynku byłego więzienia na ul. Senackiej. W ostatnim dziesięcioleciu, dzięki zmianie zasad finansowania nauki w Polsce, działalność wystawiennicza zoologów została w Krakowie wznowiona w nowo pozyskanym budynku Muzeum Przyrodniczego.

Państwowe Muzeum Zoologiczne w Warszawie.

Trzecim polskim ośrodkiem przyrodniczym o dawnych tradycjach jest warszawskie muzeum zoologiczne. Jego początki sięgają stadium organizacyjnego Królewskiego Uniwersytetu Warszawskiego powołanego z inspiracji m. in. Stanisła-

wa Staszica. Zakupiony został wówczas od amatora-ornitologa, barona Silviusa A. Minckwitza z Gronowic koło Sycowa, jego zbiór przyrodniczy, którego część właściciel wcześniej nabył w 1792 roku od zoologa z Halle, J. G. Hübnera. Przedsięwzięcie finansowała Komisja Rządowa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego. Powołany w oparciu o zakupione z różnych źródeł zbiory Gabinet Zoologiczny znajdował się początkowo w dwu salach Pałacu Kazimierzowskiego. W 1823 roku przeniesiono go do osobnego budynku na Krakowskim Przedmieściu 26/28, pierwotnie przeznaczanego na galerię obrazów (Salonów Sztuk Pięknych), o powierzchni wystawieniowej 1394 m². Kuratorem Gabinetu, począwszy od zleconej misji przywiezienia zbiorów Minckwitza, był Feliks P. Jarocki, któremu udało się zapobiec wywiezieniu ich do Rosji po likwidacji Uniwersytetu w 1831 roku.

W 1862 roku Gabinet, pod kuratorstwem Władysława Taczanowskiego, został włączony do Szkoły Głównej a jego dobroczyńcami stali się odtąd zamiłowani podróźnicy i miłośnicy przyrody, Władysław i Konstancy Branicki. Przekształcenie Szkoły Głównej w rosyjskojęzyczny Cesarski Uniwersytet Warszawski oznaczało też przejście nadzoru nad nim przez rosyjskich profesorów. Jego rolę jako polskiej instytucji przyrodniczej w Warszawie przejęło dopiero powołane w 1887 roku prowadzone przez Jana Sztolcmana prywatne Muzeum Branickich, mieszczące się w ich willi na Frascati (dzisiejsze Muzeum Ziemi PAN, którego historia równie pięknie ilustruje pasję społeczną polskich przyrodników). Specjalnością badawczą obu muzeów zoologicznych była ornitologia, a chlubą zbiory ptaków i innych zwierząt dostarczane przez specjalnie organizowane ekspedycje naukowe, polskich zesłańców i emigrantów, głównie z Ameryki Półd. i wschodniej Azji. Po wybuchu I Wojny Światowej część zbiorów Gabinetu wywieziona została do Rosji, gdzie spłonęła w 1920 roku. Niemniej, w 1919 roku zbiory Muzeum Branickich zawierały 4500 gatunków ptaków, w tym wiele typów opisowych i materiałów dokumentujących klasyczne monografie ornitologiczne.

Z punktu widzenia nauki, choć niekoniecznie narodowego, lepszy od kolekcji Gabinetu Zoologicznego okazał się los wspnianych zbiorów paleontologicznych

Gabinetu Geologicznego Uniwersytetu, wyników ekspedycji nad Północną Dźwinę prowadzonych przez Władimira P. Amalickiego. Szkielety wydobytych przezeń permskich gadów przeszły do Politechniki Warszawskiej po objęciu przez Amalickiego posady jej dyrektora w 1906 roku. Zbiory paleontologiczne i geologiczne zajmowały dużą salę ekspozycyjną na pierwszym piętrze. Na początku wojny światowej ewakuowane w głąb Rosji stały się później osnową Instytutu Paleontologicznego w Moskwie.

Zbiory Gabinetu Zoologicznego i przeniesionego do jego ciasnych pomieszczeń Muzeum Branickich były uzasadnieniem powołania w 1919 roku Narodowego Muzeum Przyrodniczego. Pomysłodawcą był 26-letni wówczas Kustosz Gabinetu Zoologicznego Janusz Domaniewski, któremu zależało na utworzeniu muzeum zoologicznego w obrębie Muzeum Narodowego. Kiedy Ksawery Branicki zgodził się na upaństwowienie swego muzeum, obwarował to jednak zastrzeżeniem, że połączone instytucje zoologiczne staną się działem odrębnego muzeum ogólnoprzyrodniczego. W tym duchu działał minister Jan Łukasiewicz, rozporządzeniem z dnia 24 września 1919 roku powołując Narodowe Muzeum Przyrodnicze. Miało obejmować zakres działań całość przyrody.

Przeszkodą dla rzeczywistego stworzenia muzeum o tak zobowiązującej nazwie i ambitnych zamierzeniach stał się jednak brak lokalu. Nie wystarczyło też entuzjazmu przyrodników z innych dziedzin. Ograniczono się więc do Działu Zoologicznego, formalnie powołanego w 1921 roku, następnie dekretem Prezydenta R. P. z dnia 29 lutego 1928 przemianowanego na Państwowe Muzeum Zoologiczne. Wkrótce potem, w 1935 roku skromny lokal Muzeum, obejmujący 20 pomieszczeń, padł pastwą pożaru. Tymczasowo przeniesiono je do kamienicy na ulicy Wilczej 64, gdzie trwa do dziś. Wkrótce potem zatwierdzony został projekt nowego gmachu Muzeum Zoologicznego, którego budowa rozpocząć się miała w 1940 roku.

Tymczasem Muzeum Zoologiczne pomnażało swoje zbiory przyrodnicze i biblioteczne, które osiągnęły wyjątkowe w Polsce bogactwo. Mimo zniszczeń po Powstaniu Warszawskim i utracie niemal całej kolekcji entomologicznej, większość materiałów przetrwała i została wzbogacona o zdobycze wojenne i darowizny. W 1953 roku Muzeum włączone zostało do Polskiej Akademii Nauk jako Instytut Zoologiczny zaś wspniane zbior-

ry w 1970 roku przeniesione zostały do magazynów w Łomnej pod Warszawą (m. in. kolekcje przywiezione przez ekspedycję Sztolcmana i Siemiradzkiego do Ameryki Płd. zorganizowaną w 1882 roku ze składków czytelników gazet warszawskich i zbiory ześłańców syberyjskich). Od 1960 roku Instytut prowadził ekspozycję w Pałacu Kultury i Nauki. Wypełniało to częściowo dotkliwy brak ekspozycji przyrodniczych w Warszawie, nie mogło jednak wypełnić podstawowych funkcji muzeum przyrodniczego, to jest zabezpieczania i udostępniania zbiorów do badań naukowych.

Podobne znaczenie miała osobna wystawa *Dinozaury z Pustyni Gobi* zorganizowana w PKiN przez ówczesny Zakład Paleobiologii PAN, autorstwa Zofii Kielan-Jaworowskiej, przedstawiająca wyniki jej ekspedycji paleontologicznych na Pustynię Gobi. Mimo ogromnego zainteresowania, została zlikwidowana w trakcie przygotowań do wystawy osiągnięć gospodarczych PRL w 1974 roku. W 1986 ekspozycja zoologiczna w PKiN przekazana została powstającemu wówczas Ogrodowi Botanicznemu a następnie przejęta przez Instytut Paleobiologii PAN i przekształcona w istniejące do dziś Muzeum Ewolucji. Powstała wówczas wystawa *Ewolucja na łąkach*, głównie w oparciu o materiały z wcześniejszej wystawy gobijskiej, ale obejmując również również historycznej wartości zbiory zoologiczne. Od 1994 do Muzeum Ewolucji powróciły okresowe wystawy organizowane przez Muzeum i Instytut Zoologii PAN. Ekspozycja paleontologiczna jest obecnie modernizowana dzięki subwencjom Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska; scenariusz został opracowany z myślą o uzyskaniu w przyszłości obszerniejszych pomieszczeń dla Muzeum.

Koncepcja Narodowego Muzeum Przyrodniczego w Warszawie. Zanim jeszcze odzyskanie niepodległości stało się praw-

dziwie realne, entomolog, członek Akademii Umiejętności Stanisław Stobiecki opublikował w Krakowie w 1912 roku artykuł postulujący powołanie ogólnopolskiego, centralnego muzeum przyrodniczego. Galicja miała do tego najsolidniejsze podstawy materialne i intelektualne, wojna i nowa sytuacja polityczna po jej zakończeniu dała jednak przewagę Warszawie.

Mimo niepowodzeń ze stworzeniem Narodowego Muzeum Przyrodniczego w oparciu o Gabinet Zoologiczny, pomysł powołania w stolicy centralnego muzeum przyrodniczego nie został jednak zarzucony. Wyrazem tego była rezolucja I Zjazdu Fizjografów Polskich w Krakowie w 1924 roku postulująca ustanowienie centralnej instytucji przyrodniczej i badawczej, którą miało być Polskie Państwowe Muzeum Przyrodnicze w Warszawie. Sprawa podniesiona też została przez Jana Stacha w 1929 roku jako

Akt powołania w 1919 roku Narodowego Muzeum Przyrodniczego jako instytucji dokumentacyjnej, badawczej i popularyzacyjnej obejmującej zakresem obowiązków „wszystkie działy przyrody”

ROZPORZĄDZENIE

Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego z dn. 24 września 1919 r. w sprawie utworzenia Narodowego Muzeum Przyrodniczego w Warszawie.

- 1) Tworzy się Narodowe Muzeum Przyrodnicze w Warszawie, obejmujące wszystkie działy przyrody. Narazie otwarty zostaje dział zoologiczny, powstający z darów hr. Xawerego Branickiego i ze zbiorów Uniwersytetu Warszawskiego po wyłączeniu z nich okazów potrzebnych do wykładów uniwersyteckich,
 - 2) Zadaniem tej instytucji jest:
 - a) gromadzić, przechowywać, katalogować okazy przyrodnicze, mające wartość naukową lub dydaktyczną, i starać się o naukowe ich opracowanie,
 - b) szerzyć wiedzę przyrodniczą przez udostępnienie zbiorów publiczności i młodzieży szkolnej oraz przez udzielanie jej objaśnień.
 - 3) Narodowe Muzeum Przyrodnicze pozostaje pod opieką Ministerstwa W. R. i O. P., które też zamianuje potrzebny personel.
- Minister Wyznań Religijnych i Oświecenia Publiczn.
(—) Jan Łukasiewicz.**

propozycja połączenia w jedną instytucję Państwowego Muzeum Zoologicznego, Muzeum Instytutu Geologicznego (które było wówczas jedyną instytucją gromadzącą zbiory paleontologiczne) i Muzeum Warszawskiego Ogrodu Botanicznego.

Po II Wojnie Światowej idea całościowego Muzeum Przyrodniczego zamarła



Pieczęć Działu Zoologicznego Narodowego Muzeum Przyrodniczego w Warszawie (1921-1928)

a aktywność polskich przyrodników w tej dziedzinie ograniczała się w zasadzie do prób powstrzymania rozkładu istniejącego wówczas w Polsce muzealnictwa specjalistycznego i regionalnego. Wśród licznych nieudanych prób powrotu do sprawy był i mój memoriał dotyczący reaktywowania Narodowego Muzeum Przyrodniczego przygotowany w 1979 roku. Adam Urbanek, ówczesny sekretarz Wydziału Nauk Biologicznych PAN, wystąpił wtedy do władz państwowych z propozycją przeznaczenia odbudowywanego właśnie Zamku Ujazdowskiego na siedzibę Muzeum. W grudniu 1980 roku zmodyfikowany memoriał rozesłany został do krajowych instytucji i towarzystw przyrodniczych. Jego nadspodziewanie życzliwe przyjęcie przez adresatów nasunęło potrzebę powołania społecznego organu, który rozwijałby i propagował przedstawioną ideę Muzeum. 27 marca 1981 roku zorganizowane zostało zebranie założycielskie Społecznego Komitetu Narodowego Muzeum Przyrodniczego. Program rozwijany w trakcie działalności komitetu przedstawiony został w referacie na konferencję *Problemy muzealnictwa przyrodniczego w Polsce* 1-2 grudnia 1981 roku w Łodzi. Konferencja uchwaliła memoriał, w którym domagała się „utworzenia centralnego muzeum przyrodniczego w Warszawie w oparciu o istniejące instytucje i przyznania odpowiednich priorytetów lokalowych”.

Burzliwe wydarzenia polityczne, które niebawem nastąpiły, odsunęły na pewien czas realizację powziętych wówczas projektów. Tworzone były jednak mozolnie podstawy do odtworzenia Muzeum przy wykorzystaniu istniejących zasobów i instytucji. W 1986 roku powstało Muzeum Ewolucji Instytutu Paleobiologii PAN a wkrótce potem Instytut Zoologii przywrócił odniesienie do Muzeum w swojej nazwie i utworzył fundację z myślą o pozyskaniu dlań wsparcia społecznego. Instytut Paleobiologii wykorzystuje prowadzone przez siebie wykopaliska i organizowane na tej podstawie wystawy do nieustającej promocji idei Narodowego Muzeum Przyrodniczego. Wcześniej czy później musi być przecież zrealizowana.

Zadania nowoczesnego muzeum przyrodniczego

Narodowe Muzeum Przyrodnicze służyć ma dokumentowaniu historii i stanu polskiej przyrody, prowadzeniu nad nią prac badawczych i popularyzacji wiedzy o przy-

rodzie. Na każdym z tych pól działalności jego rola zawierać się powinna w scalaniu dziedzin badań i ułatwianiu przepływu myśli między nimi. Po dwu wiekach działalności niezliczonych rzeszy badaczy i amatorów niezbędne jest podsumowanie wiedzy o polskiej przyrodzie i uzupełnienie luk wynikłych z nierównomiernego zainteresowania różnymi jej aspektami. Muzeum powinno być w tej misji przewodnikiem i pomocnikiem dla innych krajowych ośrodków badań przyrodniczych. Złączenie w jednym miejscu osobnych dotąd instytutów badawczych ułatwiłoby prowadzenie badań interdyscyplinarnych i stymulowało wymianę wiedzy między specjalistami różnych dyscyplin. Usunęłoby największą słabość polskiego przyrodznawstwa, jaką jest tradycyjna osobność działań poszczególnych badaczy. Upowszechnianie przez Muzeum spójnej logicznie wiedzy o przyrodzie to sposób na wyzwolenie społeczeństwa z ignorancji i wprowadzenie ładu w popularne wyobrażenia o otaczającym świecie.

Badania fauny i flory światowej. Trwa wiek biologii. Biologii coraz trudniejszej do pojęcia ze względu na daleko posuniętą specjalizację technik badawczych i języka naukowego. Badacze zmusza do specjalizacji nie tylko złożoność uniwersalnych procesów biologicznych, ale i różnorodność świata żywego wyrażająca się w istnieniu ogromnej liczby gatunków, odmiennych anatomicznie, fizjologicznie i ekologicznie. Problem ten nabiera coraz większego znaczenia w miarę jak badania biologiczne rozszerzane są na wciąż nowe rodzaje obiektów żywych. Jedynym łącznikiem między specjalistycznymi działami biologii pozostaje teoria ewolucji. Objaśnia przyrodę jako efekt w równym stopniu fizykochemicznych aspektów zjawiska życia jak i zaszłości historycznych. Łączy także biologię z wiedzą o człowieku i jego kulturze. Umieszczenie w jednym Muzeum instytutów PAN specjalizujących się odmiennymi aspektami biologii organizmalnej pozwoliłoby na przełamanie barier pomiędzy różnymi dziedzinami badań. Stałoby się też źródłem materiałów, informacji i inspiracji dla biologii molekularnej i eksperymentalnej. Szczególnej wartości materiały przyrodnicze pozyskiwane bowiem były (i są dalej) w wyniku działalności polskich badaczy w egzotycznych regionach świata.

Polscy badacze stale uczestniczą w licznych ekspedycjach przyrodniczych, m. in. od kilkudziesięciu lat działa polska stacja naukowa na Spitsbergenie a od ćwierćwiecza na antarktycznej wyspie King George. Polskie statki prowadziły niegdyś badania i połowy na szelfie afrykańskim i Dalekim Wschodzie. Morski Instytut Rybacki w Gdyni i badacze PAN eksplorują od dawna Oceany Atlantyki, Indyjski i Pacyficzny, a szczególnie wody antarktyczne. Te kosztowne ekspedycje były okazją do zgromadzenia materiałów badawczych i porównawczych dla polskiego przyrodoznawstwa, które mogły dać zaplecze przyszłym badaniom. Mieliliśmy szansę wyjścia szerokim frontem na światowy rynek nauki. Niestety, z powodu braku w naszym kraju instytucji zainteresowanej pozyskiwaniem takich materiałów, możliwości te w znacznej części zostały bezpowrotnie zaprzepaszczone.

Niedostateczny udział polskiej nauki w badaniach przyrody odległych regionów pociąga za sobą głównie straty polityczne. To, co moglibyśmy zrobić podnosząc międzynarodowy prestiż własnego państwa i narodu, robią bez trudu inni. O wiele większe straty wynikają z braku Narodowego Muzeum Przyrodniczego odpowiedzialnego za koordynację badań w kraju. Tu nikt nas nie wyręczy.

Gromadzenie kolekcji dokumentacyjnych. Niezależnie od dobrych chęci i troskliwego ochraniań resztek naturalnego środowiska w Polsce, rozwój przemysłu i rolnictwa spowodował i będzie powodować nieodwracalne zmiany w przyrodzie. Obniżanie poziomu wód gruntowych przez pobór wody dla przemysłu, wyrobiska kopalniane i meliorację gruntów musi zmieniać naturalne siedliska organizmów. Proces ten jest i będzie tak szybki, że nie jest możliwe pełne naukowe opracowanie przyrody kraju zanim nie stanie się ona częścią historii. Postęp w rozwoju metod i badań przyrodniczych jest zresztą tak znaczny, że wyniki badań dezaktualizują się szybciej od tempa ich uzupełniania.

Zaplecze faktograficzne badań historii przyrody na naszych ziemiach również kurczy się w zastraszającym tempie. Większość materiałów paleontologicznych znajdujących się w zbiorach zagranicznych muzeów historii naturalnej pochodzi ze stanowisk dziś już nie istniejących, wyeksploatowanych przez kolekcjonerów lub

zniszczonych przez przemysł. Postępująca eksploatacja wielkich kamieniołomów i kopalni, przy zaniku małych łomików chłopskich, powoduje, że pozyskanie materiałów do badań staje się coraz trudniejsze. Niekiedy szanse na zebranie wielkiej kolekcji otwierają się na kilka miesięcy, przedział czasu pomiędzy odsłonięciem przez eksploatację interesujących warstw a ich zniszczeniem przez koparki. To szczęśliwy dla naszej nauki i kultury traf, jeśli znajdzie się wówczas ktoś zainteresowany takimi materiałami. W rękach prywatnych kolekcjonerów znajdują się dziś znacznie bogatsze zbiory niż w publicznych instytucjach naukowych. Ulegają one jednak stopniowemu rozproszению i zniszczeniu. Gdyby istniało w kraju Narodowe Muzeum Przyrodnicze na wzór muzeów zagranicznych, można by temu przeciwdziałać i zachować przynajmniej część tych materiałów dla nauki krajowej.

Nadzwyczaj istotne jest więc sporządzanie i zabezpieczenie dla przyszłych badaczy materiałów naukowych, które pozwolą im na weryfikację wcześniej uzyskanych wyników i dodatkowe studia. To najważniejsze zadanie Muzeum. Jest w tym pełna analogia do działalności istniejącego Muzeum Narodowego w dziedzinie zabytków sztuki. W świecie wyraża się to w tradycyjnej dwudzielności muzeów narodowych zajmujących się równolegle opieką nad zabytkami kultury i przyrody.

Znalezienie pomieszczeń umożliwiających zabezpieczanie, naukowe opracowanie i ekspozycję materiałów przyrodniczych przekazanych nam w spadku przez poprzednie pokolenia jest więc niesłychanie pilną sprawą. Materiały te, zbierane z poświęceniem przez amatorów i badaczy subwencjonowanych z ofiar społeczeństwa, znajdują się w stanie zagrożenia i, przenoszone z miejsca na miejsce w miarę rozwoju i reorganizacji placówek naukowych sprawujących nad nimi pieczę, uległy już w pewnej części zniszczeniu.

Wspomaganie ośrodków regionalnych.

Muzea przyrodnicze są ważnymi instytucjami dokumentacji, badań i upowszechniania wiedzy o przyrodzie na poziomie regionów. Stymulują i porządkują merytorycznie aktywność intelektualną amatorów i pomagają w nauczaniu wiedzy o przyrodzie. Ostatnie półwiecze dla regionalnego muzealnictwa przyrodniczego w Polsce było jednak kata-

strofalne. Jedynie nielicznym działom przyrodniczym muzeów udało się przetrwać. Wynikło to przede wszystkim ze sposobu nadzorowania i wspierania finansowego muzeów całkowicie zdominowanego przez humanistykę. Jest więc niezbędne centralne muzeum przyrodnicze jako rzecznik interesów instytucji lokalnych. Powiązanie z nim instytutów badawczych i stworzenie ośrodka dokumentacji przyrodniczej ułatwi też powiązanie w jednolitą sieć działalności uczelnianej w dziedzinie badań krajowej przyrody.

Upowszechnianie wiedzy o przyrodzie.

Stan nauczania wiedzy o przyrodzie w Polsce jest zły. To trudny to przełamania zamknięty obieg od uczelni przez nauczycieli do uczniów a przez nich znów na uczelnie. Największym mankamentem edukacji przyrodniczej jest jej rozszczepienie na niepowiązane ze sobą dziedziny i pamięciowe opanowywanie materiału przy przewadze terminologii nad rozumieniem. Tak sformułowana i przekazywana wiedza może posłużyć do zdania egzaminu, ale nie za przewodnika po świecie. Przewodnikami duchowymi bardziej atrakcyjnymi od nauczycieli przyrody stają się przez to bioenergoterapeuci, różdżkarze i wróżki. Muzeum tego nie przełamie, ale może dostarczać logicznie spójnego zdroworozsądkowego wyjaśnienia zjawisk otaczającego świata. Może wspomagać nauczycieli, służyć im wiedzą i radą. W przeciwieństwie do szkół, muzea przyrodnicze są miejscem, gdzie kształcenie przebiega ustawicznie i dociera do ludzi każdego wieku i stanu. Daje możliwości uzupełniania wiedzy po zakończeniu formalnej edukacji i szansę naprawienia szkód poczynionych w umysłach w wyniku złego nauczania.

Do nawiązania kontaktu z dzisiejszym użytkownikiem muzeum przyrodniczego ani do wywiązania się przez z nie z powinności stawianych przez współczesny świat nie wystarczą jednak sugestie Michała Mniszcha, czy innych wymienianych z należytą czcią historycznych postaci. Świat zmienił się ponad wyobrażenia naszych poprzedników i projekt nowoczesnego Narodowego Muzeum Przyrodniczego musi te uwarunkowania uwzględnić. Toteż doskonalimy go od ćwierćwiecza wykorzystując Muzeum Ewolucji jako miejsce testowania pomysłów na publiczności. Przedstawiam poniżej założenia naszych planów, których podstawową zasadą jest jedność wszystkich

działów nauki zaś osią organizującą treść jest teoria i przebieg ewolucji.

Projekt urzędnienia Narodowego Muzeum Przyrodniczego

Człowiek dzisiejszy stał się ofiarą własnej intelektualnej skuteczności. Coraz trudniej wyodrębnić z ogromu zgromadzonej wiedzy podstawowy kanon umożliwiający zachowanie spójności kulturowej i porozumienie. Podstawowym założeniem ekspozycji Narodowego Muzeum Przyrodniczego powinno więc być ukazanie jedności świata żywego i miejsca w nim człowieka wraz z jego kulturą. Muzea przyrodnicze są miejscem, gdzie ustawiczne kształcenie ludzi rozmaitego wieku i stanu prowadzi się szczególnie skutecznie.

Wymaga to stosowania sposobów przekazywania wiedzy specyficznych dla wieku, wykształcenia i zainteresowań zwiedzających. Do młodzieży skutecznie dociera się atrakcyjnymi dla nich technikami audiowizualnymi, przy ograniczeniu do niezbędnego minimum zawartości informacji faktograficznej. Stymulować się powinno raczej rozumienie zjawisk przyrody i pobudzanie ciekawości. Celowi temu służyć powinien osobny dział popularyzacji Muzeum, w powiązaniu z wystawami okresowymi.

Innym rodzajem zwiedzających są miłośnicy przyrody z pewnym poziomem zaznajomienia z biologią. Im służyć powinna stała ekspozycja w jej centralnej, przystępnej części. Stałe ekspozycje muzealne powinny być zorganizowane w ten sposób, ażeby zwiedzający mógł sobie przyswoić obraz historii i funkcjonowania świata organizmów bez potrzeby dodatkowego komentarza. Równocześnie powinny być one możliwe do wykorzystania przez nauczycieli szkół średnich i podstawowych w ich codziennej pracy przy pomocy i nadzorze pracowników działów naukowego i popularyzacji. Nieodzowne jest również organizowanie wystaw okresowych, które zaznajałyby amatorów z przyrodą poszczególnych regionów Polski i świata, ciekawszymi epizodami z historii życia na Ziemi oraz z aktualnymi problemami nauk przyrodniczych.

Nie byłoby jednak rozsądne lekceważenie najcenniejszych z przyszłych użytkowników Muzeum — szczególnie uzdolnionej i zainteresowanej biologią młodzieży oraz dorosłych jej entuzjastów. Do nich adres-

wane być powinno obrzeże ekspozycji stałej oraz specjalistyczne ekspozycje okresowe. Generalną właściwością głównej wystawy ma być jej atrakcyjność dla wszelkich potencjalnych zwiedzających od przedszkolaków po profesorów uniwersyteckich

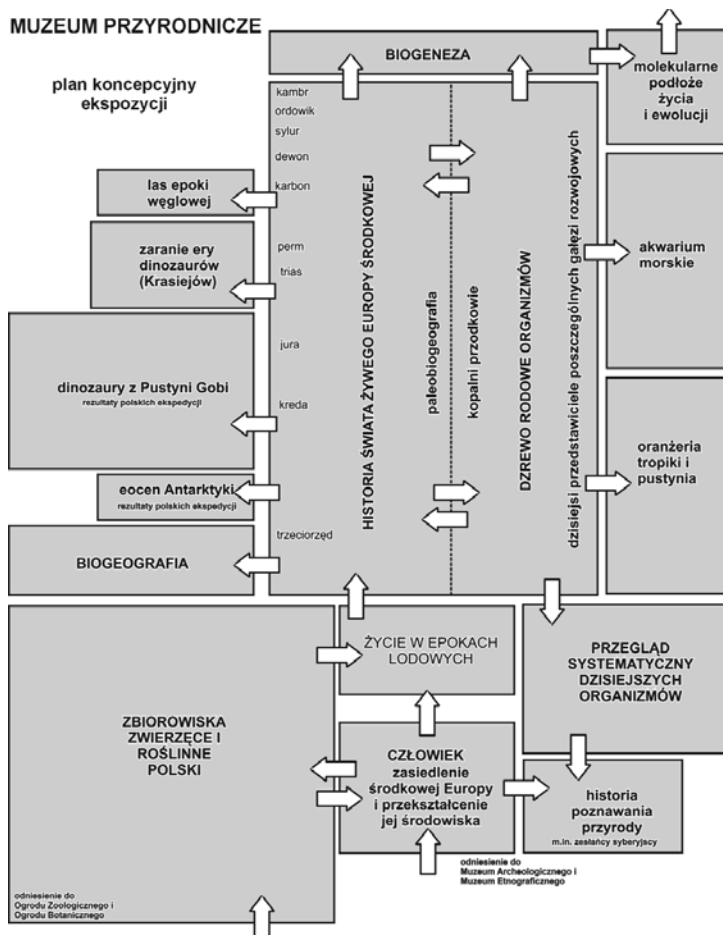
Wstępny scenariusz wystaw stałych.

W wymarzonej Narodowym Muzeum Przyrodniczym widz, zależnie od wyboru, rozpocznie zwiedzanie od wprowadzenia w różnorodność polskiej przyrody i porządkujące ją mechanizmy ekologiczne, lub w zagadnienia biologii człowieka i biologiczne uwarunkowania jego kultury. Dalsza droga będzie tak ustawiona, by niezależnie od punktu wyjścia dotrzeć do konkluzji o jedności człowieka z przyrodą. Wynika ona zarówno z obecnych powiązań, jak i z ewolucji organizmów oraz geologicznych dziejów środowiska. Dzisiejsze stosunki ekologiczne na terytorium Polski i wpływ na nie człowieka objaśnione zostaną przez kontekst historyczny uzmysławiający niestabilność środowiska w czasach historycznych i niedawność obecnego stanu polskiej przyrody wraz z Morzem Bałtyckim.

Zagłębiając się w dzieje przyrody widz zaznajomiony zostanie z przemianami po ustąpieniu lądolodu z polskich ziem, po czym wejdzie w świat tundry zasiedlonej przez mamuty, nosorożce włochate i pierwszych ludzi. W tym etapie dziejów znajdzie się w osobnej sali odniesienie do zagadnień biogeograficznych i ich objaśnień przekształceniami różnorodności środowiska. Inne pomieszczenia wykorzystane zostaną do przedstawienia systematycznej różnorodności dzisiejszych organizmów. Wykorzystane do tego celu materiały muzealne pozwolą na powiązanie rozwoju przyrodniczości i kultury narodowej wraz z wkładem polskich zesłańców w poznanie Syberii. Do powiązania z historią celowe może być stopniowe przejście od nowoczesnego charakteru ekspozycji do archaizowanych gablot z oryginalnymi dziewiętnastowiecznymi eksponatami o wartości historycznej.

Powiązaniu ze sobą informacji z różnych działów biologii posłuży ewolucyjna organizacja środkowej części zespołu ekspozycji. Ukaże on w jednym ciągu przemiany organizmów z różnorodnych środowisk z terytorium Polski w dziejach Ziemi, a w ściśle powiązanym ciągu równoległym przekształcenia anatomii i biologii poszcze-

gólnych gałęzi rozwojowych organizmów. Od ciągu obrazującego pradawne dzieje środowiska będą wejścia do sal opracowanych przy wykorzystaniu wyników ekspedycji i wykopalisk paleontologicznych. Ciąg przemian organizmów w obrębie ich drzewa rodowego zilustrowany będzie materiałami kopalnymi oraz preparatami zoologicznymi i botanicznymi ważnych ewolucyjnie dzisiejszych organizmów. Z części tej będzie wyjście do wspomnianego wyżej działu systematycznego oraz do oranżerii



z hodowlami najbardziej interesujących ze względów ewolucyjnych roślin egzotycznych tudzież do pomieszczenia z akwariami morskimi pokazującymi m. in. „żywe skamieniałości”. Oranżerie i akwaria służyć będą również instytutom do hodowli materiałów do badań anatomicznych, molekularnych i eksperymentalnych.

Oba szeregi przemian ewolucyjnych zbiegną się w sali z ekspozycją odnoszącą się do zagadnień powstania życia. Będzie ona miała połączenie z osobną wystawą dotyczącą filogenetyki molekularnej. Ta część ekspozycji ma być łącznikiem między biologią organizmalną a innymi dziedzinami

Propozycja układu koncepcyjnego poszczególnych działów ekspozycji Narodowego Muzeum Przyrodniczego i jej powiązania z innymi placówkami upowszechniania nauki

nauki. Podkreślane też powinny być w każdym możliwym miejscu związki z innymi warszawskimi instytucjami upowszechniającymi wiedzę o przyrodzie. Zachętą do ich odwiedzenia będą stałe i okresowe wystawy przy użyciu materiałów popularyzacyjnych i eksponatów wypożyczonych z Ogrodu Botanicznego, Ogrodu Zoologicznego, Muzeum Ziemi, Muzeum Państwowego Instytutu Geologicznego, Muzeum Archeologicznego, Muzeum Etnograficznego a także innych muzeów warszawskich. Miejmy nadzieję, że znajdzie się wśród nich instytucja popularyzująca naukę eksperymentalną i technologię. Oczywiście, rozwinąć też trzeba będzie wymianę i współpracę w dziedzinie ekspozycji z muzeami poza Warszawą i zagranicznymi.

Zbiory. Pozyskiwanie i zabezpieczanie zbiorów przyrodniczych jest najważniejszą rolą Muzeum. Ta podstawowa funkcja nie może być zdominowana przez działalność ekspozycyjną czy jakąkolwiek inną. Niedorozwój naturalnego zaplecza merytorycznej działalności Muzeum wcześniej czy później musiałby bowiem doprowadzić do uwiędnięcia całej instytucji. Przyrodnicze kolekcje muzealne są trojakiiego rodzaju: (a) materiały opracowane przez badaczy w ramach ich działalności naukowej, w szczególności taksonomiczne typy opisowe, (b) zbiory porównawcze, w tym materiały historyczne zebrane podczas ekspedycji i przekazane przez kolekcjonerów oraz (c) zbiory dokumentacyjne, które staną się przedmiotem badań w przyszłości, a zgromadzone zostały dla zabezpieczenia materiałów zagrożonych zniszczeniem w wyniku zmian środowiska lub działalności człowieka.

Na miejsce w kolekcji Muzeum czekają ogromne zbiory Muzeum i Instytutu Zoologii PAN zgromadzone obecnie w magazynach w Łomnej oraz mniej imponujące ilościowo, ale również cenne zbiory będące wynikiem działalności naukowej Instytutu Paleobiologii PAN.

Pozyskiwane i przechowywane w Muzeum powinny być statystycznie istotne, losowo pobrane serie okazów organizmów dzisiejszych i kopalnych z terytorium Polski i krajów ościennych, zakonserwowane i opisane w ten sposób ażeby mogły być kiedyś podstawą do szczegółowych badań. Zadanie to wymaga szczegółowego rozeznania w stanie dotychczasowego rozpoznania krajowej przyrody, co zapewnić winien dział dokumentacji.

Dział dokumentacji. Aspekty przyrody, które wymagają systematycznego dokumentowania z myślą o przyszłych użytkownikach zgromadzonej informacji to: (a) różnorodność organizmów i jej historia oraz (b) zawartość środowisk naturalnych oraz stanowisk kopalnych na terytorium Polski. Stan wiedzy o krajowych organizmach i ich środowisku wymaga takiego przedstawienia, by możliwe było włączenie rezultatów badań prowadzonych w Polsce w międzynarodowe programy i bazy danych dotyczących bioróżnorodności w postaci wyodrębnionego bloku. To oczywiste zadanie działu dokumentacji Narodowego Muzeum Przyrodniczego obejmującego:

(1) Kartotekę fauny i flory kopalnej i dzisiejszej, zawierającą dane o morfologii, biologii i autekologii organizmów występujących na obszarze Polski, ilustracje pokroju i anatomii, aktualizowane diagnozy i dane zoogeograficzne z odnośnikami do kolekcji muzealnych i bibliografii.

(2) Kartotekę stanowisk kopalnych i dzisiejszych, zawierającą opisy fizyczne i geograficzne stanowisk kopalnych oraz naturalnych stanowisk dzisiejszych na obszarze Polski, listy fauny i flory, dane ilościowe, obserwacje synekologiczne, dokumentację fotograficzną i odnośniki do kolekcji muzealnych i bibliografii.

(3) Bibliografię fauny i flory kopalnej i dzisiejszej Polski, zawierającą wyszczególnienie i informacje o treści wszystkich pozycji literaturowych dotyczących organizmów z obszaru Polski i krajów ościennych.

Dane te powinny być dostępne w internecie i okresowo publikowane.

Dział badawczy. Dział ten łatwo może być zorganizowany w oparciu o kadre i zasoby istniejących Muzeum i Instytutu Zoologii, Instytutu Paleobiologii oraz Centrum Ekologii PAN. Część laboratoriów i pracowni (np. mikroskopii elektronowej, amplifikacji i sekwencjonowania czy izotopów stabilnych) może być wspólna dla wszystkich z nich. Wraz z instytutami badawczymi PAN mogłyby wejść do Muzeum wydawane przez nie czasopisma międzynarodowe, w większości znajdujące się na „liście filadelfijskiej”. To długa lista dobrych tytułów: wydawane od 1921 roku *Annales Zoologici*, od 1929 roku *Palaeontologia Polonica*, od 1930 roku *Fragmenta Faunistica*, od 1933 roku *Acta Ornithologica*, od 1952 roku *Polish Journal of Ecology*, od 1956 roku *Acta Pala-*

eontologica Polonica, od 1999 roku *Acta Chiropterologica*. Dział wydawniczy publikować też mógłby książki naukowe oraz popularne czasopisma i książki przyrodnicze.

Poza oczywistą formą działalności Muzeum, czyli przygotowywaniem publikacji naukowych m. in. w oparciu o zbiory, zadaniem tego działu byłby nadzór merytoryczny nad działalnością dokumentacyjną i ekspozycyjną oraz koordynowanie badań faunistycznych i florystycznych w Polsce. Muzeum powinno nawiązać ścisłe związki z uczelniami, mieć możliwość prowadzenia kształcenia podyplomowego, prowadzić rotację kadry naukowej pomiędzy działami i okresową wymianę pracowników z innymi instytucjami przyrodniczymi i muzealnymi.

Z połączenia bibliotek instytutów mogłaby powstać największa w Polsce centralna biblioteka przyrodnicza. Trzeba będzie przy tym rozstrzygnąć, do jakiego stopnia przechowywanie i udostępnianie informacji naukowej opierać się będzie na drukowanym papierze a w jakim na nośnikach elektronicznych. Tendencje ostatnich lat wskazują, że w dziedzinie publikacji naukowych biologii organizmalnej o długim „okresie półtrwania” (szczególnie paleontologicznych) nie należy się spodziewać odejścia od tradycyjnych form publikacji. Wątki drukowanego polega przede wszystkim na łatwości „kartkowania” i przypadkowego natrafiania na istotne informacje. Wymaga to łatwego dostępu do książek i czasopism na półkach, co należy uwzględnić przy określaniu proporcji między księgozbiorem podręcznym i magazynem, a także sposobów magazynowania.

Zadanie na bliską przyszłość

Z jakiegokolwiek punktu widzenia to, że w Warszawie nie ma dotąd instytucji zajmującej się sporządzaniem dokumentacji stanu i historii ojczystej przyrody oraz popularyzacją wiedzy o niej, jest po prostu kompromitujące. To bodaj ostatnia stolica cywilizowanego świata, w której nie ma muzeum historii naturalnej.

Umiłowanie ojczystej przyrody nie może bez końca uzewnętrzniać się tylko w deklaracjach. Pora na czyny, na zjednoczenie wysiłków tych wszystkich, którym zależy na ochronieniu dla przyszłych pokoleń przyrodniczego środowiska kraju. Niezbędną do tego wiedzę i dokumentację historii i teraźniejszości przyrody trzeba uporząd-

kować i zabezpieczyć. Powinnością naszego pokolenia jest odtworzenie powołanej niegdyś do tego instytucji i zapewnienie jej należytego materialnego zaplecza. To zadanie dla państwa i jego instytucji, ale przede wszystkim dla Polskiej Akademii Nauk.

Pamiętać jednak wypada, że nie wystarczy umieszczenie zbiorów, ekspozycji i badaczy w odpowiednim do tego budynku. Trzeba im zapewnić przyszły byt. Każdy z rodzajów działalności przyszłego Muzeum (badawcza, dokumentacyjna i popularyzacyjna) skierowany jest przecież do innego odbiorcy i z tego względu nie może być ono finansowane na takich zasadach jak wchodzące doń instytuty PAN. Narodowe Muzeum Przyrodnicze to instytucja z zasady hybrydowa, zbierająca w sobie i integrująca różne nurty działalności publicznej. Badania naukowe przez nią prowadzone mogą być finansowane na zwykłych zasadach przez Ministerstwo Nauki, zaś rządowe instytucje ochrony środowiska mogą wspierać działalność dokumentacyjną, ekspozycyjną i popularyzacyjną. Do Polskiej Akademii Nauk należeć powinien nadzór merytoryczny i inspiracja.

To wielka sprawa dla nas wszystkich.

Literatura

- Brzęk, G. 1955. Historia zoologii w Polsce do r. 1918. Część III. Materiały do historii ośrodka warszawskiego. Rozdział III. Dzieje muzealnictwa zoologicznego w Warszawie. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin — Polonia, Sectio C, Supplementum* 7, 180-248. (455 pp).
- Hryniewicz, B. 1945. Pierwsze pomysły muzeum przyrodniczego w dawnej Polsce. *Nauka i Sztuka* 1, 249-270.
- Kazubski, S. L. 1996. The History of the Museum and Institute of Zoology, PAS. *Bulletin of the Museum and Institute of Zoology PAS* 1, 7-19.
- Łukasiewicz, J. 1919. Rozporządzenie Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego z dn. 24 września 1919 r. w sprawie utworzenia Narodowego Muzeum Przyrodniczego w Warszawie. *Monitor Polski* 2 (224), 1.
- Mniszech, M. 1775. Myśli względem założenia *Museum Polonicum. Zabawy przyjemne i pożyteczne* 11, (2), 211-226.
- Pawęski, F. 1970. Polskie Muzealnictwo Przyrodnicze. *Biblioteka Muzeum Rolnictwa w Szreniawie* 1, 1-117.
- Różycki, S. Z. 2002. 200 lat dziejów nauk geologicznych w Warszawie. Przy udziale Tadeusza Wysockiego przygotował do druku, wstępem, komentarzami i dokumentacją opatrzył Zbigniew Wójcik. *Analecta* 11, 59-139.
- Wójcik, Z. 2001. *Bibliografia polskiego muzealnictwa przyrodniczego (XVIII-XX wiek)*. 324 pp. Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Warszawa.



Świat dinozaurów

Scenariusz lekcji dla uczniów szkoły podstawowej

Ewa Jachowska

Cele

1. Zapoznanie dzieci ze światem zwierząt ery dinozaurów.
2. Uświadomienie, że skamieniałości to nie tylko kości oraz wyjaśnienie, jakiej wiedzy dostarczają inne rodzaje skamieniałości.
3. Rozróżnienie dinozaurów od gadów latających i gadów morskich.

Realizacja

Dzieci siedzą pod najokazalszym dinozaurem – opistocelikaudią.
Krótkie wprowadzenie dotyczące historii muzeum oraz pochodzenia eksponatów.
Omówienie poszczególnych grup dinozaurów z wykorzystaniem planszy „Drzewo rodowe dinozaurów” i w nawiązaniu do dotychczasowej wiedzy uczniów.

Budowa miednicy jako kryterium podziału dinozaurów; wskazanie różnic na przykładzie opistocelikaudii i parazaurolofa

Dinozaury gadziomiedniczne : zauropody – opistocelikaudia
teropody – tarbozaur

Dinozaury ptasiomiedniczne : rogate – protoceratops
kaczodziobe – parazaurolof
grubogłowe – prenocefal
pancerne – pinakozaur
stegozaury

Krótką charakterystyka każdej z grup

Omówienie sposobów obrony dinozaurów roślinożernych przed drapieżnikami:

Ucieczka, życie w dużych stadach – kaczodziobe
Uzbrojone ogony – stegozaury, dinozaury pancerne
Kolce i pancerze – dinozaury pancerne
Straszenie – dinozaury rogate

Sposoby polowania dinozaurów drapieżnych:

gigantyczny mięsożerca – tarbozaur. Drapieżnik czy padlinożerca?
małe drapieżników – celofyz, velociraptor. Zespołowe łowy?

Godziny otwarcia:

wtorek – sobota: 8.00 – 16.00

niedziela: 10.00 – 14.00

poniedziałki i dni świąteczne: nieczynne

Pałac Kultury i Nauki

(wejście od ulicy Świętokrzyskiej)

00-110 Warszawa

tel. (022) 656 66 37

fax. (022) 620 62 25

e-mail: paleo@twarda.pan.pl

We wtorki grupy szkolne oprowadzane są przez pracowników naukowych Instytutów Paleobiologii i Zoologii PAN. Zgłoszenia: tel. 656 66 37

Rodzaje skamieniałości

1. Szczątki kostne i tropy jako punkt wyjścia do rekonstrukcji pokroju ciała zwierząt.
2. Ślady stóp – prędkość przemieszczania, tryb życia stadny lub samotniczy, szacowanie masy ciała
3. Gniazda i jaja – opieka nad potomstwem (gniazdowniki): kaczodziobe; samodzielność tuż po wykluciu (zagniazdowniki): małe drapieżniki
4. Skamieniałe odchody (koprolity) a rodzaj spożywanego pokarmu, np. resztki posiłku w skamieniałości kompsognata.

Czas na pytania**Pytanie do dzieci:**

Czy dinozaury żyły w wodzie lub potrafiły latać?

Objaśnienie, że dinozaury należały do gromady gadów, a gady latające i morskie to ich dalecy krewni.

Gad latający to nie dinozaur.

Gad morski to nie dinozaur.

Pokazanie dzieciom szczątków innych gadów żyjących wraz z dinozaurami: krokodyle, węże, jaszczurki, żółwie i hatteria jako przykład żywej skamieniałości. Gady latające i gady morskie jako przykład upodobnienia do dzisiejszych zwierząt latających i wodnych.

Pytanie do dzieci:

Czy możemy dziś spotkać dinozaura? Dinozaury a ptaki.

Przyczyny wymarcia dinozaurów.

Propozycja zajęć plastycznych po powrocie do szkoły: Rysujemy dinozaury zapamiętane z Muzeum Ewolucji.

Materiały pomocnicze dla nauczycieli, pomocne w przygotowaniu dzieci do wizyty w muzeum: [www: paleo.pan.pl](http://www.paleo.pan.pl)



Sprawdź swoją wiedzę o dinozaurach

Quiz paleontologiczny

Odpowiedzi na pytania można znaleźć na wystawie w Muzeum Ewolucji PAN

Dinozaury wywodzą się z tzw. tekodontów – wczesnych gadów naczelnych. W triasie tekodonty zróżnicowały się na rozmaite linie rozwojowe. Szczątki kilku z nich odkryto w Krasiejowie na Opolszczyźnie. Znajdź ich rekonstrukcje na wystawie i przypisz im tryb życia.

Jednym z najwcześniejszych dinozaurów był triasowy celofyz. Zyskał sobie sławę kanibala. Dlaczego? (przyjrzyj się okazowi).

Wśród dinozaurów drapieżnych w niektórych grupach doszło do skrajnej redukcji kończyn przednich. Ile palców miały tyranozaury, np. mongolski *Tarbosaurus bataar*?

Podobieństwo gallimima do strusia jest przykładem konwergencji. Jakie cechy upodobniają oba zwierzęta do siebie?

Gdzie i kiedy żyły dinozaury, których szkielety można oglądać w muzeum:

parazaurolof,
opistocelikaudia,
silezaur,
kompsognat?

Wymień przykłady strategii obronnych dinozaurów.

Do czego służył parazaurolofowi wyrostek na głowie?

Jak rozmnażały się dinozaury (jajo czy żyworodnie)? Skąd o tym wiemy?

Wskaż teropodowe (dinozaurowe) i ptasie cechy praptaka (archeopteryksa).

W Muzeum organizowane są seminaria naukowe (informacje tel. 697 88 50) oraz Forum Nauk Przyrodniczych dla szkół, które może organizować spotkania muzealne na uzgodnione tematy (informacja o Forum: www.paleo.pan.pl/museum/fwp.htm lub e-mail paleo@twarda.pan.pl).