

Ekosystem jurajskiego jeziora Karatau i jego otoczenia

Tomasz Sulej, Roksana Socha & Grzegorz Niedźwiedzki

Odłoni cie Aulie w górach Karatau w Kazachstanie z jurajsk flor i faun nale y do tych nielicznych stanowisk paleontologicznych, w których zachował si niemal cały zespół zwier t ych przy brzegu i w wodach pradawnego jeziora. O wyj tko wo ci miejsca stanowi te to, e skamieniało ci tam znajdowane cz sto zachowały ląd y po cz ciach mi kkich, które utrwala j si tylko w nadzwyczajnych warunkach fosylizacji. Stanowisko to zaliczane jest do wiatowych skarbców skamieniało ci (Konservat Fossil Lagerstätten), miejsc gdzie kopalne organizmy zachowane s z wyj tko wymi szczegółami anatomicznymi.

W 2006 roku prowadzili my tam prace wykopaliskowe a uzyskane w ich trakcie materiały s obecnie opracowywane naukowo przez nas i naszych współpracowników. Doł czyli my w ten sposób do długiego ju szeregu badaczy sławnego jurajskiego jezioro Karatau.

Jak odkryto jurajskie jezioro Karatau

Jurajskie skamieniało ci z gór Wielki Karatau znane s od połowy XIX wieku a badania nad nimi rozpocz to w pocz tkach XX wieku. Odkrycie stanowiska paleontologicznego Gal-

Widok na odsłoni cia formacji Karabastau (jasne skały) stanowiska Aulie podczas wykopalisk w 2006 roku



Profil geologiczny górnej części formacji Karabastau w stanowiska Aulie zestawiony z odłami w różnych częściach osuwiska

ryby dwudyszne?
ganoidowe
Præornis
ganoidowe
ganoidowe
konchostraki

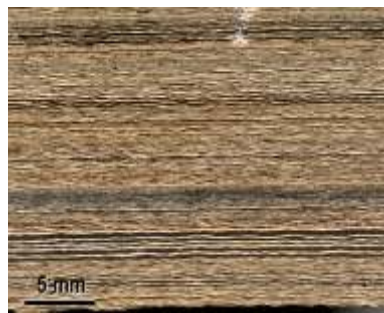
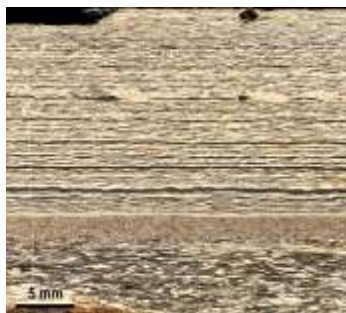
1 m

rzadkie owady
masowo ryby ganoidowe

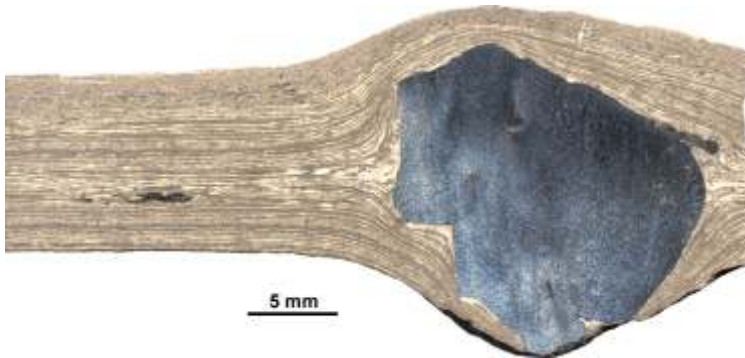
ryby ganoidowe
owady



Wapnienie z matami mikrobialnymi i otoczkami zlepionych w stropie formacji Karabastau



Przekroje przez laminowane dolomityczne wapnienie pokazujące rytmiczne następstwo porów suchych (biały dolomit) i deszczowych (ciemny il) oraz okresowe zaburzenia w rytmiczności

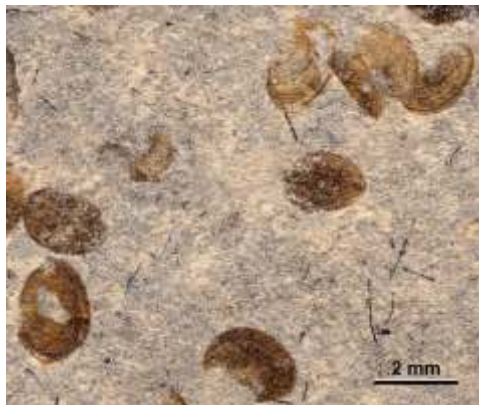


Okruchy w gładzie drzewnego w laminowanym wapnie pokazujące stopień kompaktacji uwodnionego osadu ilastego



Struktury spływowe w laminowanym wapnie wskazujące kierunek nachylenia zbocza

Masowe występowanie skorupiaków z grupy Conchostraca na powierzchni łupku z górnej części profilu Aulie; koncentryczne linie na skorupkach wyznaczają kolejne doklejane do siebie wylinki



Fragmenty pędów skrzypów przyniesione przez prąd do jeziora Karatau; krótkie ostre listki na jednym z nich sugerują związek z triasowym Equisetites i podobnymi skrzypami; nasady długich listki drugiego to przejaw pierwotnie ci i pokrewieństwa z triasowym Neocalamites



W 1921 roku w wychodni formacji Karabastau przypisywane jest A. A. Aniskowiczowi, inżynierowi poszukującemu złóż węgla. Intensywne prace wykopaliskowe prowadzone były w tym regionie przez badaczy z Rosji w latach czterdziestych, sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego stulecia. Uspienovka i Aulie (dawniej Michajłowka) to dwa najbogatze w skamieniałości odłogi, które dostarczyły tysiące okazów.

Formacja Karabastau odróżnia się od innych jurajskich jednostek stratygraficznych w górach Karatau obecnością osadów wapiennych – wapieni dolomitycznych, wapieni

oraz margli. Wiek formacji Karabastau określony był początkowo na późnojurajski – kimerydale, ale nowsze badania sugerują nieco niższą pozycję stratygraficzną: kelowej-oksford. W stanowisku Aulie występują

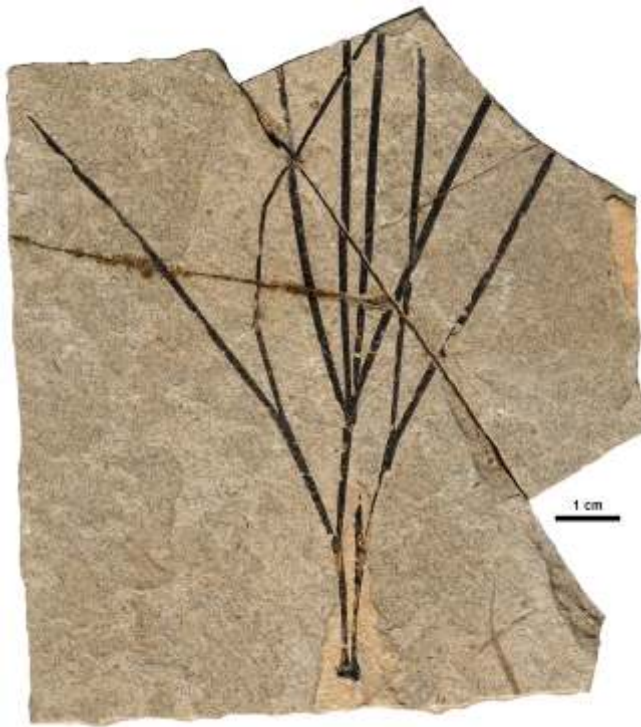
Paprocie drobnozardniowe z wilgotnych rodowisk otoczenia jeziora Karatau: stosunkowo pierwotne płaty Stachypteris turkestanica i nieco bardziej zaawansowana Coniopteris



liczne szczątki roślin (w tym pyłki) i konchostraki, które mogą posłużyć do biostratygraficznej korelacji tych skał z profilami jurajskimi w Chinach.

Dzięki zbiegowi wielu szczególnych okoliczności (takich jak choćby klimat), przetrwało wiele niezwykle zachowanych szczątków organizmów, które na pozór nie miały szans na pozostawienie po sobie śladu w skałach. W jurze Karatau do takich znalezisk należą dziesiątki tysięcy przepięknych owadów, liczne listki i pędy roślin lądowych, szkielety kręgowców ze zmineralizowanymi miękkimi tkankami, a także dwa dotychczas odkryte „pra-pióra”. W wielu odłogach ciach występują szkielety ryb wyglądających jakby niedawno wyschły na plaży; jedynie to, że są płaskie, pozwala uzmysłowić sobie, jaka jest ich natura. Przekształcenie w twarde skały (diageneza) osadów dawnego jeziora na szczątki dla badaczy nie wpłynęła na zawarte w nich szczegóły anatomiczne.





Środowisko jeziora Karatau

Wisko formacji skalnej Karabastau, która odsłania się na zboczu wzgórza Aulie ponad wiosk Kaszarata (dawniej zwana Michajłowk) to laminowany dolomityczny wapieł ilasty przypominający regularnie warstewki czwartorzędowe iły warwowe. Widać w nim naprzemienne milimetrowe warstewki jasne (z dużej zawartości dolomitu) i ciemne (z dużej zawartości ichtu, uwglęzionej substancji organicznej i pirytu, który utlenia się do gipsu). Warstewka ciemna, wzbogacona w materię organiczną, jest zapisem wzmożonej pierwotnej produkcji biologicznej mikroorganizmów fotosyntezujących, zapewne w toni wodnej. Warstewka jasna z kolei oznacza wytrącanie w glanu wapnia z wody, a więc wzmożone parowanie wskutek zwiększonego nasłonecznienia. Najprostszym wyjaśnieniem tego rodzaju rytmiczności jest powiązanie jej z porami roku – zakwit wód pod koniec pory deszczowej i zagęszczenie zawartości soli mineralnych pod koniec pory suchej. Liczba warstewek w ponad 10 metrach misko formacji Karabastau szacuje się na około 150 tysięcy. Tyle więc lat zapewne trwało jezioro Karatau.

Laminowany osad na dnie jeziora długo pozostawał plastyczny, czyste bowiem pa-

kiety warstewek, które fałdowały się spływając po zboczu. Był może to skutek wstrząsów tektonicznych lub wpływ sztormów w przybrzeżnych obszarach jeziora. Z tej samej przyczyny co pewien czas do głębin jeziora wrzucały się masy wiru z otoczekami czarnych karbonowych wapieni tworzących zory zlepiające się co pewien czas z laminowanymi skałami wapiennymi.

Przetrawienie nienaruszonej laminacji jest anomalią. Po pierwsze, wymaga spokojnych wód nad powierzchnią osadu, zapewne więc w rejonie Aulie jezioro przez większość czasu sedymentacji formacji Karabastau było na tyle głębokie, że nie docierały do dna wpływy sztormowego falowania. W typowym jeziorze, choćby takim, jakie znamy dziś z terenu Polski, osad na dnie jest permanentnie mieszany (bioturbowany) przez organizmy zamieszkujące strefę przydenną, rójące w osadzie, czy poszukujące w nim pokarmu. Organizmy dno-denne (bentosowe), poprzez swoją aktywność homogenizują osad i uniemożliwiają utrwalenie delikatnego warstwowania takiego jak w formacji Karabastau. Musiał więc działać czynnik uniemożliwiający życie zwierzętom ben-



Mitorz by z jurajskich lasów Karatau; podzielone liście Baiera i liście nieodróżnialne od dzisiejszego mitorza bu Ginkgo należą do prawdopodobnie do pierwotnych mitorzów, które ze złoconymi kwiatami i skimi; delikatne liście Czekanowska ketovae należą do rolni z wielonasiennymi owocolistkami otwierającymi się dwuklapkowo



Krótkolistne drzewo iglaste z rodziny Cheirolepidiaceae *Brachyphyllum brikae*

tosowym. Jego naturę zdradza występowanie pirytu w osadzie. Mineral ten jest kolejnym etapem przemian siarczków elazna, które powstają w środowisku, gdzie w wyniku aktywności bakterii z substancji organicznej powstaje trujący siarkowodor. Warunki na dnie jeziora Karatau były więc nieprzyjazne dla zwierząt. Na powierzchni osadu mogła jedynie formować się mata bakteryjna, która utrzymywała laminację.

Dlatego w ród skamieniałości z głównej części formacji Karabastau nie ma szczątków zwierząt, a jedynie ciałek pelagicznych. W ród ryb należą jedynie gatunki pelagiczne. Zespół kopalny ze stanowiska Aulie dostarcza więc informacji przede wszystkim o (1) środowisku pelagicznym jeziora (ponad zatrutym dnem) czy wpływających do niego

rzek, o (2) roślinach i zwierzętach otaczających jezioro, których szczątki przyniesione zostały do jeziora wraz z wodami spływającymi w porze deszczowej oraz o (3) zwierzętach latających, które lekkomyślnie zapadły nad wody jeziora lub zostały przeniesione przez wiatr wraz z pyłkami, zarodnikami i nasionami roślin.

Oczywiście, jeśli białowodne warunki z zatrutym siarkowodorem dnem nastąpiły w rejonie Aulie dopiero wtedy, kiedy jezioro Karatau osiągnęło pewne rozmiary i zaczęły się stopniowo wraz z wypełnianiem zbiornika i ograniczaniem dopływu wód. Zapis wczesnych etapów rozwoju zbiornika nie jest dostępny do badań w stanowisku Aulie, jest tam jedynie zapis jego zanikania w górnej części odsłonięcia. Na płycznach nie osadzały się już wówczas równoległe laminowane osady, lecz sinicowe wapienne nasłupienia. Okresowe kałuże i płytkie bajorka zasiedlały masowo pluskwiaki *Karataviella* z rodziny Corixidae oraz skorupiaki (konchostraki). Coraz więcej było spływów mas wiru z otoczekami, a wreszcie powstały grube ławice zlepiny, które dziś wieczą szczyt wzgórza.

Dziś szczątkom konchostraków i pluskwiaków, które zamieszkują dziś wyłącznie płytkie zbiorniki słodkowodne, możemy być pewni, że jezioro Karatau było zbiornikiem słodkowodnym. W wyżej części profilu występują również struktury deformacyjne – szczeliny z wysychania, które świadczą o okresowym wysychaniu zbiornika.

Dla paleontologów to niekolejne etapy rozwoju słodkowodnego jeziora Karatau są obiektem fascynacji, lecz skutki sytuacji, która miała miejsce w szczytowym okresie jego rozwoju. Wtedy nastąpiły warunki, które umożliwiły wyłączenie z obiegu materii trupów zwierząt, które tam trafiły i uniknęły rozkładu.

Fauna pelagialu

Ryby ganoidowe. — Paradoksalnie, stosunkowo najmniej informacji o warunkach ekologicznych i strukturze biocenozy odnosi się do tej części historii jurajskiego jeziora Karatau, która obejmuje większość zapisu w profilu geologicznym Aulie. Jedynie dobrze poznane organizmy toni wodnej jeziora to ganoidowe ryby z dwóch gatunków; *Pteroniscus turkestanensis* i *Morrolepis aniscowitchi*. Różniły się one od siebie przede wszystkim masowością okrywy ciała – przedstawiciele pierwszego ga-



tunku mają romboidalne łuski ganoidowe (podobne do tych występujących dziś u reliktowej niszczuki *Lepisosteus* czy wielopłetwca *Polypterus*), drugiego zaś delikatne okrągłe łuseczki podobne do łusek cykloidalnych dzisiejszych ryb. *Morrolepis* osiągała mniejsze rozmiary, długość jej ciała nie przekraczała kilkunastu cm, podczas gdy *Pteroniscus* mógł osiągnąć prawie 30 cm długości. Wiadomo, że zachowanych w Karatau szczątków ryb należą do osobników młodocianych, o czym świadczą rozmiary (najmniejsze okazy mają tylko 4 cm długości) oraz niewielką liczbę segmentów w promieniach płetwowych (lepidotrichiach), których liczba rośnie z wiekiem zwierzęcia. Cechy anatomii obu gatunków, takie jak budowa czaszki, czy asymetryczny (epicerkalny) ogon są konserwatywnie ewolucyjnie i przetrwały mało zmienione od triasu, a nawet końca paleozoiku, kiedy ryby ganoidowe przechodziły intensywną ewolucję.

Nie wiemy, czym odżywiały się te małe drapieżne ryby. Zapis kopalny bezkręgowców ze stanowiska Aulie jest nadzwyczaj bogaty, jednak zaskakuje składem gatunkowym. Jest zdominowany przez owady żyjące na lądzie. Pluskwiaki z rodzaju *Karataviella* są jedynymi licząco występującymi tam stanowcami związanymi przez całe swoje życie z wodą. Niezwykle rzadko znajdują się szczątki wodnych drapieżnych chrząszczy z rodziny Coptoclavidae. Można domniemywać, że w zasięgu drapieżnych ryb ganoidowych znajdowały się mogły owady i larwy oddychające powietrzem atmosferycznym. Przypuszczalne zatrucie przydennych wód jurajskiego jeziora wyklucza natomiast możliwość zamieszkiwania ich przez larwy owadów oddychających skrzelotchkami.

*Najpospolitsze
drzewo iglaste
w jurajskich lasach
Karatau
Pagiophyllum
mamillatum z rodziny
Cheirolepidiaceae
cechującej się
pierwotną budową
łusek okrywowych
w ełkach szyszkach
i pierwotnym pyłkiem
z niepodzielną
komorą powietrzną*



Szyszka rośliny nagozalikowej

Po wywienieniu dla ryb mogły by larwy udokumentowanych skamieniało ciami, cho rzadkich, muchówek długoczułkowych (pokrewnych komarnicom Tipulomorpha i komarom Culicomorpha), których larwy rozwijają się w wodzie. Liczniejsze są grzybiarki – muchówki z rodziny Mycetophilidae, których larwy mogły być w wilgotnej strefie przybrzeżnej jeziora, gdzie znajdowały po wywienieniu w postaci rozkładających się szczątków roślinnych. Powierzchnia wody zapewne roiła się od utopionych owadów, ale aden ze znanych z Karatau gatunków ryb nie był przystosowany do pobierania takiego pokarmu. Uzbrojone w zęby szczęki były ustawione poziomo w dole głowy a wysmukła sylwetka sugeruje typowo pelagiczny tryb życia i polowanie na niezidentyfikowane ofiary pływające w toni wodnej.

Teleostei. — Dawne rosyjskie ekspedycje znajdowały w Aulie szczątki ryb *Pholidophorus netchkini* oraz *Galkinia nuda* uważanych za bezpośrednich przodków dzisiejszych Teleostei lub też ich bliskich krewnych.

Chondrostei. — Ze stanowiska Aulie pochodzą również szczątki jurajskiej ryby pokrewnej jesiotrom, *Sphaerosteus sharovi*. Niestety, przedstawiciele Teleostei i Chondrostei występują bardzo rzadko i wci brak nam okazów które dostarczyłyby więcej informacji o tych zwierzętach u progu ich ewolucyjnej kariery.

Płycizny, szuwary i potoki

Nieuniknione jest stwierdzenie, wsparte danymi zarówno o zwierzętach jak o roślinach, które mogły być związane ze środowiskiem szuwarów, a wokół jeziora Karatau niewiele było nad-

brzeżnej roślinności i nie jest pewne, czy wpływały do rzeki czy potoki. Pewne przesłanki na to wskazują znaleziska wodnych ółwi, salamander i niewielkich krokodyli. Dostępne dane nie pozwalają jednak na stwierdzenie, czy ich skamieniałości pochodzą z rodkowej części profilu (musiałyby wtedy być w brzeżnej części rozległego jeziora) czy z części górnej (mogły być wtedy zwierzętami związanymi z okresowymi płytkimi zbiornikami). Nieliczne są również znaleziska owadów związanych ze środowiskami szuwarów czy przybrzeżnych wód. Pojedyncze skrzydła walek i jaskółek są jedynymi szczątkami owadów z wodnymi larwami, poza wspomnianymi już pluskwiakami Corixidae i rzadkimi chrząszczami Coptoclauidae.

Rośliny zielne. — Niewiele spośród roślin znanych z formacji Karabastau reprezentuje środowiska wilgotne. Po części ich rzadkość wynika z mniejszej szansy na zachowanie się w stanie kopalnym delikatnych pędów takich roślin, niż sztywnych pędów sucholiści. Są jednak dowody na to, że brzeg jeziora Karatau lub wpływających do strumieni porastały skrzypy i paprocie.

Wśród szczątków pędów skrzypów są takie, których krótkie ostro zakończone liście wskazują na stopień redukcji podobny do skrzypów dzisiejszych, który po raz pierwszy zaznaczył się u późnotriasowego *Equisetites*. To zapewne przystosowanie do bytowania w stosunkowo suchym środowisku, choć zły stan zachowania szczątków dowodzi, że ich cienka epiderma nie była dobrą ochroną przed wysychaniem. Inne mają długie liście, niczym triasowy *Neocalamites*, reprezentują pierwotne stadium ewolucji ulistnienia skrzypów. Można zgadywać, że te skrzypy rosły w środowiskach najbardziej wilgotnych.

Paprocie Karatau należą do drobnozawodniowych – zawansowanych ewolucyjnie, których zarodnieki ościankach z jednej warstwy komórek wysypują zarodniki pakowane wzdłuż pierścienia zgrubiałych komórek. U najprimitywniejszych z nich (z rodziny Schizeaceae, np. u jurajskiego rodzaju *Klukia*, nazwanego tak na cześć prekursora polskiej botaniki, Krzysztofa Kluka), pierścienie zgrubiałych komórek jest przy wierzchołku sporangiów, które rozmięszczone są pojedynczo wzdłuż listeczków, po bokach nerwu. Ich linia ewolucyjna zapoczątk-



Li sagowca Paracyas harrisi

kowana została w późnym triasie przez *Cynepteris*. We florze Karatau do tego stadium ewolucji należą paprośliana *Stachypteris turkestanica*, której przodkiem jest zapewne *S. spicans* z wczesnej jury. Jej listki zarodniowe z pojedynczymi zarodnikami tworzą swoiste kłoski na wierzchołkach listki. Zygzakowate kształt listki płonnych zdradza, że było to paprośce.

Bardziej zaawansowana ewolucyjnie paproś Karatau należą do rodzaju *Coniopteris*, który miał już zarodnie zebrane w kupki (*sori*) z ukrytym pierścieniem zgrubiałych komórek (*Cyatheaceae s.l.* lub *Dicksoniaceae*). *C. hymenophylloides* była szeroko rozprzestrzeniona w wiecie począwszy od środkowej jury.

Lasy wokół jeziora

Obłamane listki i pnie drzew napławiane były w dużych ilościach do jeziora Karatau i ich uwzględnienie świadczy o najpospolitszych skamieniałości w stanowisku Aulie. Dają one pewne wyobrażenie o składzie flory w środowiskach otaczających brzegi jeziora. Są to ważnym źródłem wiedzy o późnojurajskim stadium ewolucji wielu ważnych do dziś grup roślin i zwierząt.

Miłorzęby. — Rośliny zwykle ewoluują wolniej od zwierząt; wydzielane przez paleobotaników gatunki czy rodzaje trwają bardzo długo w czasie geologicznym. Do takich należą miłorzęby. Niektóre listki jurajskich miłorzębów z Karatau wyglądają prawie jak listki współczesnego nam *Ginkgo biloba*, reliktoowego i endemicznego drzewa z południowo-wschodnich Chin. Dzięki znaleziskom z jury Chin wiemy jednak, że ich „owoce” nie były wtedy pojedyncze, lecz zgrupowane po kilka na jednej szypułce.

Charakterystycznym cechem jurajsko-kredowych czekanowskich (nazwane na cześć zesłałego syberyjskiego Jana Czekanowskiego), reprezentowanych w Karatau przez *Czekanowskia ketovae*, są dwuklapkowe kapsuły nasienne rozmieszczone spiralnie wzdłuż osi kwiatowej. Nie wiadomo, jak wyglądały kwiaty roślin z głęboko podzielonymi listkami *Baiera*. Występowanie tych roślin w jurajskiej florze Karatau wskazuje na łagodny klimat.

Iglaste. — W stanowisku Aulie rozpoznano niemal pięćdziesiąt gatunków roślin naczynio-



Li bennetyta *Anomozamites* o pierwotnym uwerwieniu i podziale na listki



Li bennetyta *Ptilophyllum caucasicum*

wych. Są to głównie drzewa iglaste z wymarłej rodziny *Cheirolepidiaceae*. Dowodem, że iglaste Karatau reprezentują tak pierwotne stadium ewolucji jest dominowanie w ródzi ziaren pyłku rodzaju z workiem powietrznym otaczającym kolicie i od dołu całą komórkę (nazywany przez palinologów *Classopollis*). Jest to zgodne z licznym występowaniem odłamanych gałązek z krótkimi listkami o grubej epidermie, które są wskaźnikiem silnego nasłonecznienia oraz nagrzewania się obszarów wokół jeziora. Sądząc z morfologii listków i powierzchni komórek epidermy, reprezentują co najmniej dwa jurajskie gatunki: *Brachyphyllum brikae* o krótkich, jednorodnych listkach i *Pagiophyllum papillatum* o dłuższych listkach z różnicowaną długością.

Sagowce. — Iglastym towarzyszyły sagowce wraz z pokrewnymi im bennetytami – najbardziej różnorodnymi spośród drzew Karatau. Sagowce to *Paracycas harrisi* z pierzastymi listkami, których listki mają równoległe żyłko-



*Li dugo bennetyta typu
Zamiofhyllum*

*Nasiona z przydatkami
ułatwiającyymi
rozszewanie,
prawdopodobnie
bennetytów*



wanie na całej długości, co znaczy że powstawały z rozszczepiania płaskiej blaszki liściowej.

Bennetyty są bardzo różnorodne w Karatau. Ich pierzaste liście mają równoległe unerwienie listków lub są zwężone u nasady na kształt liści palmowych. Do ich klasyfikacji paleobotanicy używają nazw wprowadzonych niegdyś dla znalezisk z przełomu triasu i jury (z wyjątkiem jurajskiego *Ptilophyllum*),

choć stowarzyszone kwiaty pozwalają zapewne na bardziej precyzyjne określenie pokrewieństwa.

Również grube liście sagowców i bennetytów z Karatau wskazują na suchy klimat w rejonie jurajskiego jeziora.

Miejsce jeziora Karatau w historii jurajskiego środowiska

Skład flory wykazuje, że klimat w tym rejonie Karatau był w późnej jurze suchy, przypominający warunki obecnie panujące w tym rejonie Azji. Lasy te częściowo były, bo w odsłonięciu Aulie częściowo okryte w głąb drzewnego (fuzynitu). W przeciwieństwie do porośniętych nie ulegają kompaktacji pozwalając na ocenę pierwotnej grubości (mieszanej) warstwek (lamin) pelagicznego osadu jeziornego.

Porównanie, jak dokumentują stanowiska paleontologiczne w górach Wielkiego Karatau, charakteryzowała w późnej jurze rozległy region indoeuropejski sięgający od Hiszpanii po Chiny. W późnej jurze panował w nim klimat suchy, a dzięki stanowiskom Aulie oraz innym jurajskim stanowiskom kopalnej flory Karatau wiemy, że poprzedził go okres ciepłego i wilgotnego klimatu obejmujący wczesny i środkowy jur. Wtedy uformowały się złoża węgla, który jest eksploatowany na wielką skalę w Azji. Jurajskie rośliny i węgla znane są także z terenu Polski. Najślawniejsze z nich to odkryta jeszcze w XIX wieku środkowojurajska flora z „glinek grójeckich” koło Krakowa i wczesnojurajska flora Gór w Tokrzyskich (np. ze stanowiska Sołtyków, nazywanego też „Odrawo”). W morskich skałach późnej jury znajduje się liść sagowców.

Wody słodkie wypełniły obszar Wielkiego Karatau w czasie, kiedy poziom wód oceanu wiatowego osiągnął maksimum w epokach keloweju i oksfordu na przełomie środkowej i późnej jury.

Zapewne w lasach i otwartych środowiskach porośniętych drzewami iglastymi, miłorzbami, sagowcami i bennetytami żyły wesołe owadów Karatau. Wśród owadów tych częściowo różnorodne są gatunki roślinne (np. ryjkowce) czy odżywiający się grzybami (muchówki Mycetophilidae), co dowodzi dobrze rozwiniętego środowiska glebowego.

Pokrewieństwa ewolucyjne jurajskich czworonogów z Karatau

Owadami w lasach wokół jurajskiego jeziora Karatau od ywiały si rozmaite drobne czworonogi, które z kolei były zapewne ród-
 łem pokarmu dla wi kszych zwierz t. S
 w ród nich zwierz ta ziemnowodne (sala-
 mandry, ółwie i krokodyle), naziemne (jasz-
 czurki) i lataj ce (pterozaury i by mo e
 przodkowie ptaków). Zastanawiaj ce jest,
 e kr gowce lataj ce s w Aulie repre-
 zentowane przez osobniki dorosłe, za
 gatunki wodne i naziemne tylko przez
 okazy młodociane. Mo na domniemy-
 wa , e lataj ce gady zap dzały si nad
 wody jeziora i ton ły w nim. Zwierz ta
 wodne w młodocianych stadiach rozwoju
 zwykle bytuj na płycznach przy brzegu
 jeziora (np. w bezpiecznych szuwarach) i z
 tego rodowiska pochodz ich skamieniałe
 szcz tki. Z kolei formy l dowe przenoszone
 były przez wody w porze deszczowej. Ich
 miertelno była z natury wi ksza w stadiach
 młodocianych.

Bardzo nieliczne znaleziska szcz tków
 l dowych kr gowców nie pozwalaj na
 pełne odtworzenie stosunków ekologicznych
 w jurajskim ekosystemie Karatau. Niemal
 ka de ze znalezisk miało jednak przełomowe
 znaczenie dla zrozumienia historii ewolucyj-
 nej poszczególnych gromad czworonogów
 w okresie jurajskim. Jest tak ze wzgl du na
 perfekcyjny stan zachowania tych skamie-
 niało ci, dostarczaj cych informacji nie tyl-
 ko o budowie szkieletu, ale i o mi kkich
 tkankach tylko wyj tkowo zachowuj cych
 si w stanie kopalnym.

Salamandry. — Nie wiadomo nic na temat
 trybu ycia salamandry *Karaurus sharovi*
 z jeziora Karatau; najstarszej na wiecie za-
 chowanej w całości. By mo e była ona
 zwierz ciem wodnym w przybrze nych mo-
 kraślach poluj cym na mi czaki, skorupiaki
 i owady. Miała 20 cm długo ci i budow
 ciała przypominała dzisiejsze salamandry.
 Ze wzgl du na słabo skostniał czaszk uwa-
 a si , e jedyny znany okaz mógł by osob-
 nikiem młodocianym. Nie jest to jednak naj-
 starsza znana salamandra.

Wcześniejsze s izolowane szcz tki *Mar-
 morerpeton freemani* i *M. kermacki* z Wielkiej
 Brytanii datowane na pó ny baton. Na pod-
 stawie materiałów ze rodkowej jury Kirgizji

*Li bennetyta typu
 Zamiophyllum stowarzyszony
 z gał zkami ro lin iglastych*



*Nasiona lub li cie
 nieznaney ro liny
 przypominaj ce
 klonowe noski*



Nierozpoznana tajemnicza roślina (mech?)

zrekonstruowana została niedawno czaszka salamandry *Kokartus honorarius*. Salamandra ta należy do tej samej gałęzi ewolucyjnej co *Karaurus*, która charakteryzuje się wyraznym urzębieniem kości przedszczykowej i dużą liczbą zębów na niej. Zbudowane są pojedyncze wierzchołki, co jest zapewne cechem zaawansowanym (podwójne wierzchołki uważa się za cechy wężów płazów ogoniastych i bezogonowych). Pod względem tych cech rodzaj *Marmorerpeton* znacznie różni się od obu

Młodziaki osobnik krokodyla *Karatausuchus sharovi* ze stanowiska Aulie (zbiory Instytutu Paleontologicznego RAN w Moskwie)



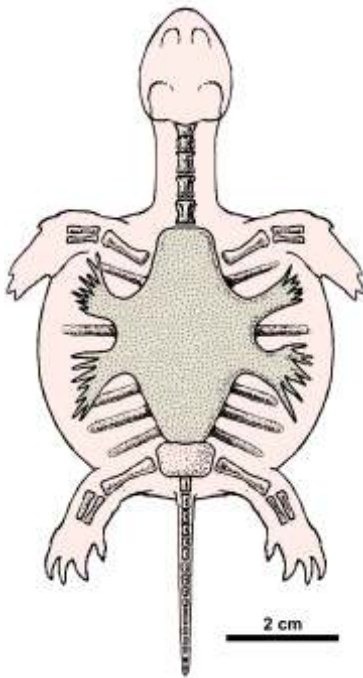
pozostałych jurajskich salamander i dlatego jest uważana za przedstawiciela osobnej linii ewolucyjnej. Z tego samego stanowiska pochodzą także kręgi należące do jeszcze prymitywniejszych salamander, ale podobne do *Kokartus*, co wskazuje, iż grupa karauridów była już do znaczenia w środkowej jurze. Był to jest wyjątkowa dla wszystkich znanych salamander. W jej obrębie w ewolucyjnych zmianach w anatomii na przełomie środkowej i późnej jury było zarówno otwarcie międzykości przedszczykowej oraz skrócenie wyrostka przedniego kości skrzydłowej.

Coraz więcej wiemy o początkach dzisiejszych płazów. Niedawno w wczesnym permie Teksasu znaleziony został płaz *Gerobatrachus hottoni*, który może być bliski wspólnemu przodkowi salamander i płazów bezogonowych. Wiadomo o tym specyficzny guz na pierwszym kręgu szyjnym (atlasie) i dwie zrośnięte kości stopy. Rozdzielenie głównych dzisiejszych grup płazów nastąpiło więc po wczesnym permie. Powstały one z płazów tarczogłowych z rodziny Dissorophidae.

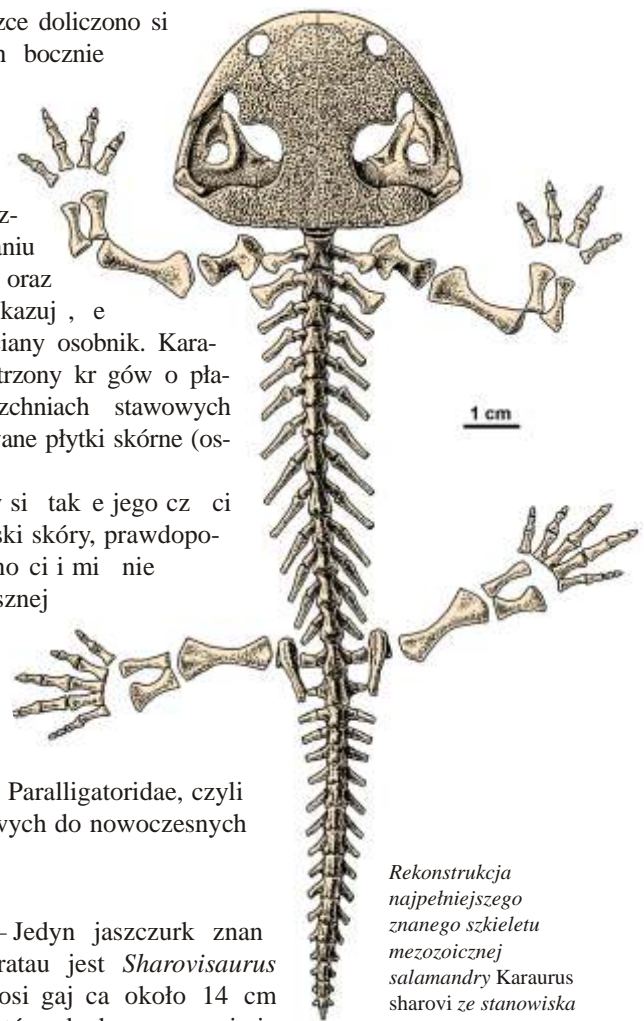
Ółwie. — Zapewne częściowo wodne były ółwie *Yaxartemys longicauda*. Uważa się, że wszystkie znane osobniki są młodociane i ich pokrewieństwo jest niepewne. Zastanawiający jest wyjątkowo długi jak na ółwie ogon. Taki stan charakteryzuje najstarszego znanego ółwia *Odontochelys* z karniku Chin. Był to jest to ujawnianie się cechy pierwotnej we wczesnych stadiach rozwojowych („rekapitulacja filogenezy w ontogenezie”). Należy jednak pamiętać, że i dzisiaj długoogoniaste ółwie. Kolejnym dziwnym cechem jest skostniały płastron przy nieskostniałym karapaksie, znowu jak u triasowego *Odontochelys*. Najbardziej widocznie jednoczesne skostnienie całego pancerza, typowe dla dzisiejszych ółwi, powstało znacznie później. Ciągłe jednak nie wiadomo, jak powstał pancerz ółwi i dlatego u form prymitywnych najpierw skostniał płastron. Niektórzy badacze sugerują, że u pierwszych wodnych ółwi był on tarczochroniąc przed drapieżnikami atakującymi od dołu. Wydaje się jednak, że pierwotnie gruby płastron pełnił funkcję obronową u zwierząt nurkujących i jednocześnie nie oddychających powietrzem atmosferycznym. Płastron mógł być bardzo użytecznym, płaskim obronowym elementem w rzeczonym środowisku. Był to jest później, gdy



Młociane osobniki i rekonstrukcja ówbia Yaxartemys longicauda ze stanowiska Aulie (zbiory Instytutu Paleontologicznego RAN w Moskwie)



ogon. W czaszce doliczono si a 98 małych bocznie spłaszczonych z bów. Du e oczodoły, stosunkowo du e rozmiary czaszki w porównaniu do reszty ciała oraz krótki pysk wskazuj , e był to młodociany osobnik. Karataużuch miał trzony kr gów o płaskich powierzchniach stawowych oraz zredukowane płytki skórne (osteodermi).



Rekonstrukcja najpełniejszego znanego szkieletu mezozoicznej salamandry Karaurus sharovi ze stanowiska Aulie

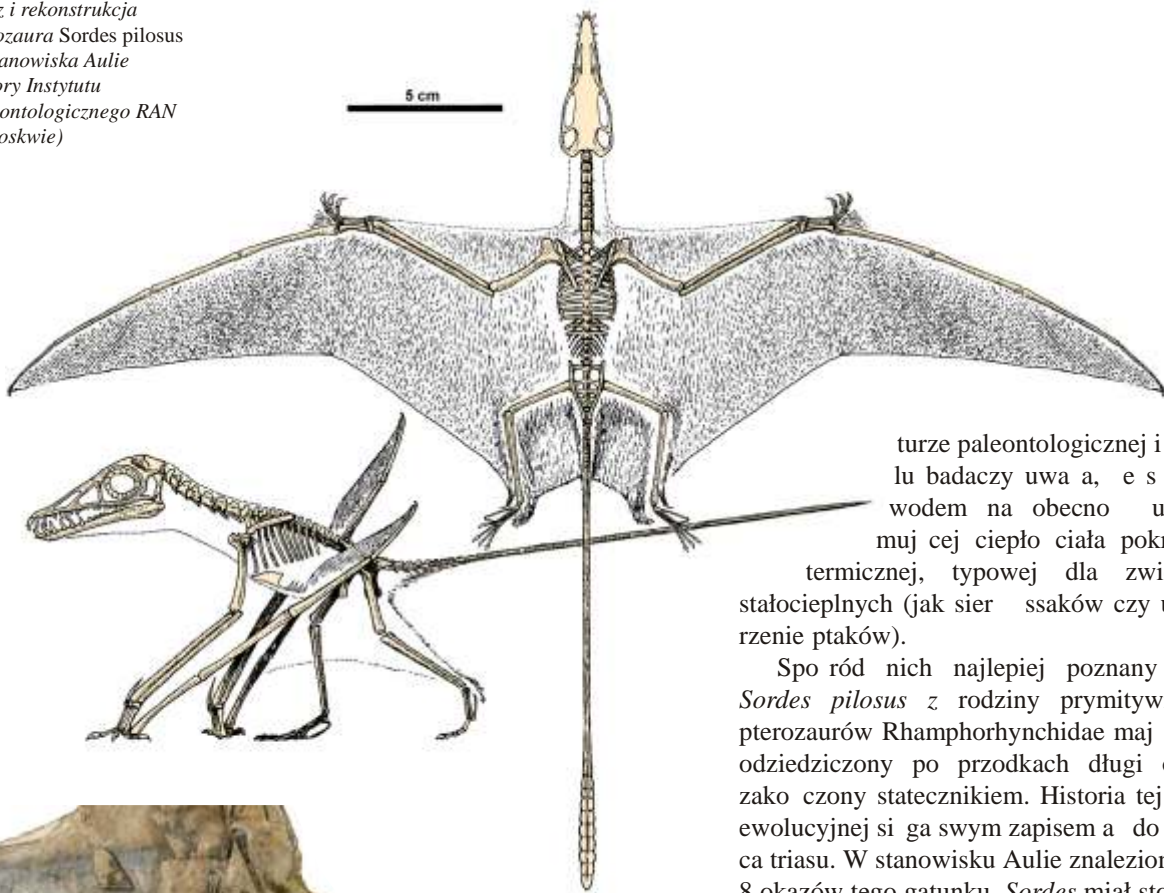
okazało si , e ma tak e funkcje ochronne, geny odpowiedzialne za proces zlania si eber brzusznych, b d cych podstaw plastro- nu, wykorzystane zostały do analogicznego procesu na grzbiecie i z eber powstał karapaks.

Krokodyle. — Prawdopodobnie 1 dowym zwierz ciem był krokodyl *Karatausuchus sharovi* znany z prawie kompletnego szkieletu znalezionej w odstoni ciu Aulie. Miał za- ledwie około 16 cm długo ci, w tym długi

Zachowały si tak e jego cz ci mi kkie, odciski skóry, prawdopodobne wn trzno ci i mi nie w cz ci brzusznej oraz włókna kolagenowe w ogonie. Prawdopodobnie był to przedstawiciel Paralligatoridae, czyli form wyj ciowych do nowoczesnych krokodyli.

Jaszczurki. — Jedyń jaszczurk znan z jeziora Karatau jest *Sharovisaurus karatauensis* o si gaj ca około 14 cm długo ci. Niektórzy badacze uwa aj j

Okaz i rekonstrukcja
pterozaura *Sordes pilosus*
ze stanowiska Aulie
(zbiory Instytutu
Paleontologicznego RAN
w Moskwie)



za krewniaka scynków z wymarłej w kredzie rodziny Paramacellodidae cechujących się ciałem pokrytym prostokątnymi łuskami, pojedynczym kości przedśrodkowym z dziewięcioma zębami, otwartym górnym oknem skroniowym oraz maszynowymi i krótkimi kośćmi.

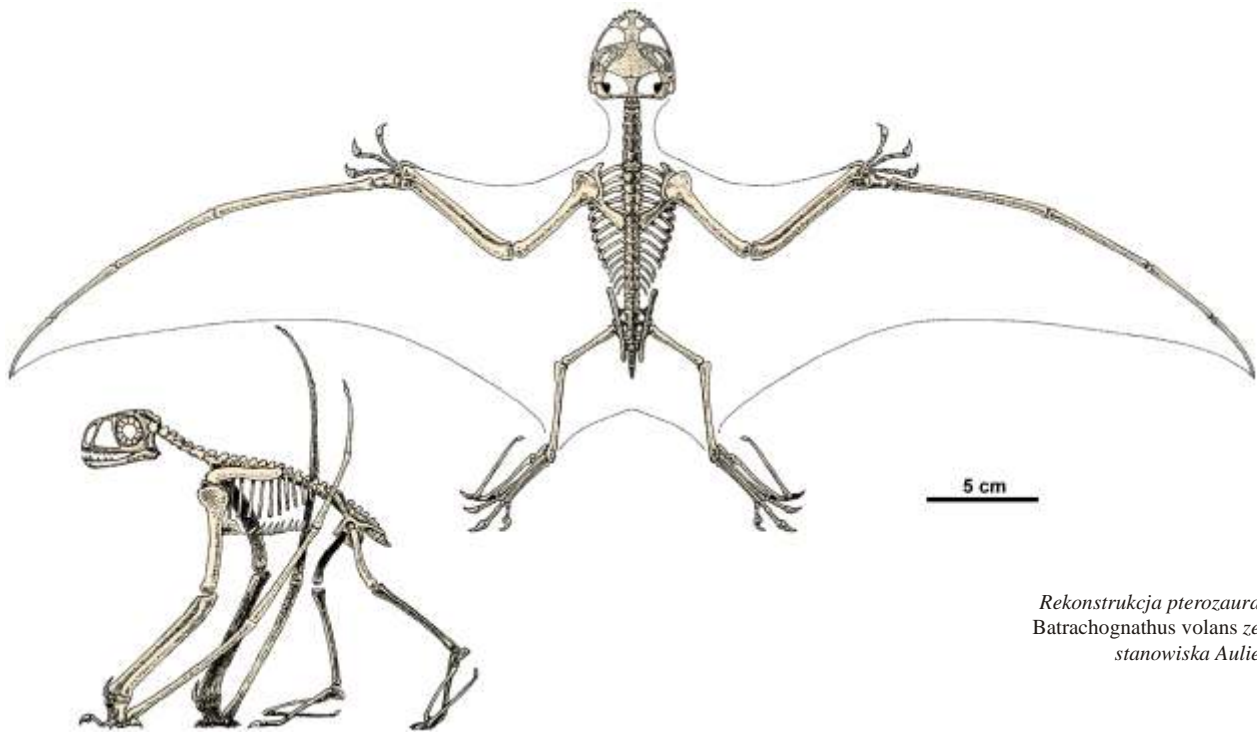
Pterozaurowy. — Ponad drobnymi gadami w powietrzu fruwały pterozaurowy, które są wyjątkowo dobrze zachowane w jurajskich skałach Karatau. Na ich błonach lotnych i ciałach zachowały się uwłone podłone struktury uważane za włókna kolagenowe, a także włoski pokrywające błonę lotną. Struktury te były wielokrotnie dyskutowane w litera-

turze paleontologicznej i wielu badaczy uważa, że są dowodem na obecność utrzymującej ciepło ciała pokrywy termicznej, typowej dla zwierząt stałocieplnych (jak ssaków czy upierzenie ptaków).

Sporządniczo najlepiej poznany jest *Sordes pilosus* z rodziny prymitywnych pterozaurów Rhamphorhynchidae mających odziedziczony po przodkach długi ogon zakończony statecznikiem. Historia tej linii ewolucyjnej sięga swym zapisem aż do końca triasu. W stanowisku Aulie znaleziono aż 8 okazów tego gatunku. *Sordes* miał stosunkowo krótkie skrzydła o rozpiętości około 60 cm, których anatomia jest zachowana wyjątkowo dobrze w porównaniu do znalezisk innych małych pterozaurów z osadów jurajskich i kredowych w Europie i Ameryce Południowej.

Sordes miał bardzo wydłużone szczęki z siedmioma zębami po każdej stronie, co dawniej uważano za dowód, że polował na ryby. Wydaje się jednak, że pterozaurowy miały zbyt delikatne czaszki by zanurzać w wodzie podczas lotu. Małych rozmiarów pterozaurowy prawdopodobnie żyły się raczej owadami i wodnymi skorupiakami.

Nad jeziorem Karatau latały również pterozaurowy z gatunku *Batrachognathus volans* o rozpiętości skrzydeł około 75 cm. W odróżnieniu od *Sordes* miały krótką, a urową czaszkę, by mogły szybko i skutecznie. Liczne kołkowate zęby sugerują owadożerność. Były bardzo podobne do *Anurognathus ammoni* z końca jury Solnhofen w Bawarii, różniąc się od niego liczbą zębów, ich zakrzywionymi kośćkami oraz krótszymi skrzydłami. Wspólna dla nich jest krótka czaszka i krótki ogon bez statecznika, co dowodzi bardzo sprawnego, zwinnego lotu.



Rekonstrukcja pterozaura
Batrachognathus volans ze
stanowiska Aulie

W stanowisku Aulie znaleziono dwa prawie kompletne szkielety *Batrachognathus*.

Praptak. — O jego obecności w przestworach nad jeziorem Karatau wiadczy dwa prapieróra. Pierwsze przypominające pióro konturowe zostało opisane przez rosyjskiego ornitologa Aleksandra Rautiana w 1978 roku jako *Praeorinis sharovi*. Drugie o bardziej puchowym wyglądzie zostało znalezione w 2006 roku przez polsko-kazachską wyprawę. Oba okazy przypominają dzisiejsze pióra, choć mają tak odmienną od nich budowę, że trudno nawet pokusić się o szacowanie rozmiarów zwierzęcia w nie wyposażonego; nie wiadomo nawet jak te prapieróra były ułożone na ciele. Aby powiedzieć na jego temat coś więcej konieczne jest znalezienie szkieletu, co może się udać w czasie następnej wyprawy w Góry Karatau.

Literatura

Abdulin, A.A., Azerbaev, N.A., Erzalcev, G.H., Kasyimov, M.A., Nikitin, I.F., Cirelson, B.C. & Schimbultov, M.A. (eds). 1986. *Geologia i metallogenia Karatau*. Izdatelstvo Nauka, Alma-ata.

Doludenko, M.P. & Orlovskaya, E.R. 1976. Jurskaya flora Karatau. *Trudy Geologicheskogo Instituta* 284, 1–271.

Doludenko, M.P., Sakulina, G.V. & Ponomarenko, A.G. 1990. *Geologi eskoye strojenie rajona unikalnogo mestonachozhdenia pozdnejurskoj fauny i flory Aulie (Karatau, juznyj Kazachstan)*. 38 pp. Rotaprint Geologii eskogo Instituta AN SSSR, Moskva.

Dzik, J., Sulej, T. & Niedzwiedzki, G. 2010. Possible link connecting reptilian scales with avian feathers from the early Late Jurassic of Kazakstan. *Historical Biology* 22, 394–402.

Filippova, M.F. 1948. Petrografi eskaja charakteristika i uslovija obrazovania jurskich porod chrebra Karatau. *Trudy Paleontologii eskogo Instituta AN SSSR* 15, 102–109.

Galicky, V.V., Hecker, R.F., Kostenko, N.N. & Sakulina, G.V. 1968. Karatauskoje jurskoje ozero. *Putevoditel ekskursiji piatoy paleoekologo-litologicheskoy sesji na jurskie otlozenia chrebra Karatau v Juznom Kazachstanie 14–19 sentabria 1968 g.* 38 pp. Alma-ata.

Hecker, R.F. 1948. Karatauskoje mestonachozhdenie fauny i flory jurskogo vozrasta. *Trudy Paleontologii eskogo Instituta AN SSSR* 15, 7–85.

Rasnitsyn, A.P. & Quicke, D.L.J. 2002. *History of Insects*. 544 pp. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Rautian, A.S. 1978. Unikalnoye pero pticy iz otlozenii jurskogo ozera v chrebre Karatau. *Palaeontologicheskij Zhurnal* 1978 (4), 106–114.

Rohdendorf, B.B. (ed.) 1968. *Jurskiye nasekomyie Karatau*. 252 pp. Publishing House „Nauka”, Moscow.

Sharov, A.G. 1971. Novyye letajushije reptilii iz mezozoja Kazachstana i Kirgizji. *Trudy Paleontologii eskogo Instituta AN SSSR* 130, 104–113.

Unwin, D.M. & Bakhurina, N.N. 1994. *Sordes pilosus* and the nature of the pterosaur flight apparatus. *Nature* 371, 62–64.

Vršanský, P. 2007. Jumping cockroaches (Blattaria, Skokidae fam. n.) from the Late Jurassic of Karatau in Kazakhstan. *Biologia* 62, 588–592.