

Ptaki pliocenu Polski | cz. 1

PIOTR GRYZ

www.ornitofrenia.pl

Przed epoką lodową i zanim pojawił się człowiek rozumny, trwała epoka zwana pliocenem. Na Ziemi było wtedy cieplej niż obecnie i zamieszkiwały ją różne, czasami przedziwne gatunki zwierząt. Pośród nich były także ptaki, z których część reprezentowała już dzisiejsze rodzaje. Niektóre z nich były jednymi z najstarszych lub najstarszymi znanymi ich przedstawicielami. Szczątki niektórych gatunków znane są również z terytorium dzisiejszej Polski.

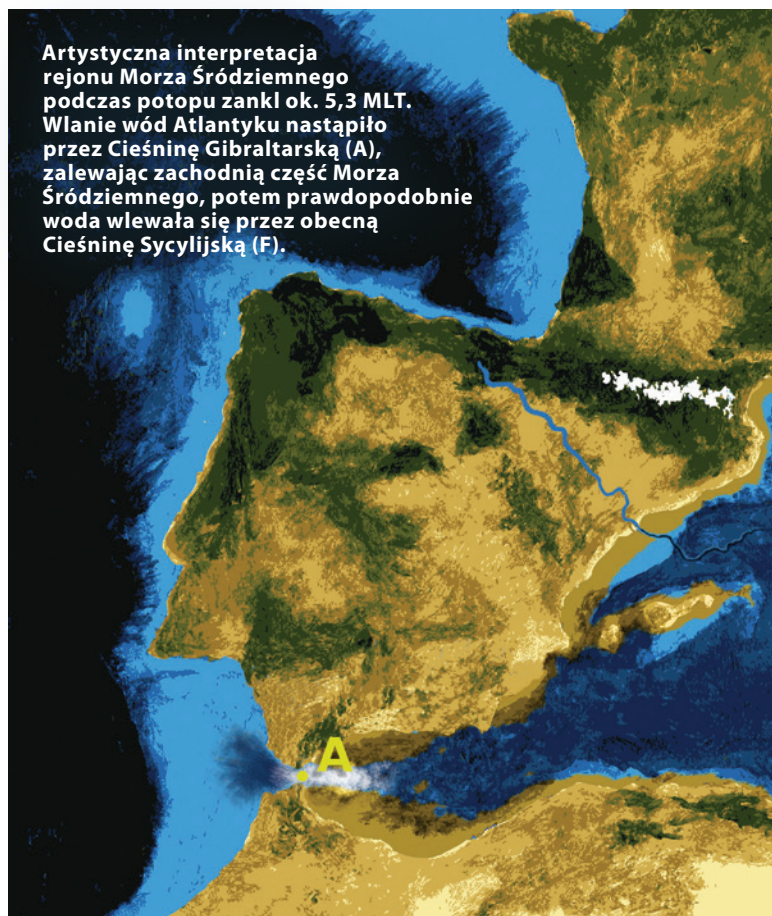
W ostatnim czasie dużo się mówi o zmianach klimatycznych i globalnym ociepleniu, które jest bezsprzeczne i którego skutki można obserwować gołym okiem. Mało kto wie, że przez ponad 60 milionów lat – od czasu wyginięcia dinozaurów aż do plejstocenu (zwanego też epoką lodową) – klimat na naszej planecie był zwykle znacznie cieplejszy niż obecnie. W epokach takich jak paleocen i eocen Europę porastały w większości bujne lasy tropikalne, a temperatura była wyższa nawet o 9–15 °C. W kolejnych epokach – oligocenie, miocenie i pliocenie – następowało już stopniowe ochładzanie klimatu, z punktem kulminacyjnym w kolejnej epoce – plejstocenie. Ale nawet w plejstocenie pomiędzy cyklami zlodowaceń następowały cieplejsze okresy, zwane interglacjami. Były one na tyle ciepłe, że na przykład na Wyspach Brytyjskich żyły hipopotamy, a Europę przemierzały różne gatunki ciepłolubnych trąbowców. Można więc zadać pytanie: o co chodzi z tym ocieplaniem klimatu i czemu naukowcy biją na alarm?

Otóż problemem nie jest samo ocieplenie klimatu, tylko tempo, w jakim ono następuje. Obecnie jest ono na tyle szybkie, że według niektórych badaczy już w roku 2050 klimat na Ziemi będzie taki jak w pliocenie. Choć dziś jest zauważalnie chłodniej niż wtedy, to poziom dwutlenku węgla w powietrzu jest już na takim samym poziomie. Jednak zasadnicza różnica między pliocenem a dzisiejszymi czasami jest taka, że wówczas następowało stopniowe ochładzanie klimatu, a dziś następuje jego gwałtowne

Artystyczna interpretacja geografii Morza Śródziemnego podczas kryzysu mesyńskiego; ilustracja na górze po prawej przedstawia wędrówkę ssaków (wielbłądów i gryzoni) z Afryki do Półwyspu Iberyjskiego przez odsoniętą Cieśninę Gibraltarską.



Artystyczna interpretacja rejonu Morza Śródziemnego podczas potopu zankl ok. 5,3 MLT. Wlanie wód Atlantyku nastąpiło przez Cieśninę Gibraltarską (A), zalewając zachodnią część Morza Śródziemnego, potem prawdopodobnie woda wlewała się przez obecną Cieśninę Sycylijską (F).





rys. Pau Bahi



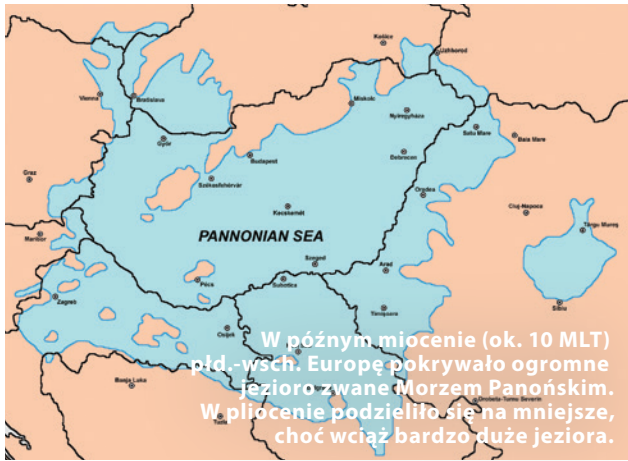
rys. Pau Bahi pod kierunkiem naukowym Daniela Garcii (Castellanos), geofizyka z Instytutu Nauk o Ziemi Jaume Almera (CSIC)

ocieplenie. Podobnie rzecz ma się z bioróżnorodnością. Dawniej była nieporównywalnie większa, a dziś zdecydowanie maleje. Co z tego wyniknie? Tego nie da się przewidzieć, ale pewne wyobrażenia na ten temat dają wydarzenia z pliocenu. Skamieniałości zwierząt, w tym ptaków, dokumentują odpowiedź fauny na zachodzące zmiany klimatyczne. Warto więc bliżej poznać tę epokę i jej mieszkańców, także tych ptasich.

Kryzys messyński i początek pliocenu

Pliocen to dość krótka epoka geologiczna, trwająca zaledwie 2,7 miliona lat – od zakończenia miocenu (ok. 5,333 miliona lat temu) po początek plejstocenu (ok. 2,58 MLT). Samo słowo „pliocen” pochodzi od greckich słów *pleion* („więcej”) i *kainos* („nowy” lub „niedawny”) i oznacza z grubsza „kontynuację niedawnego”. Odnosi się do fauny mięczaków morskich, która w pliocenie przypominała już zasadniczo dzisiejszą i reprezentowały ją przeważnie dzisiejsze rodzaje. Podobnie było zresztą w przypadku ptaków i innych zwierząt. Międzynarodowa Komisja Stratygrafii (ICS) umownie dzieli pliocen na dwa etapy: zankl (5,3–3,6 MLT) i piacent (3,6–2,58 MLT), przy czym piacent jest czasami określane jako późny pliocen, podczas gdy zankl nazywany jest wczesnym pliocenem. Należy jednak podkreślić, że warstwy geologiczne definiujące początek i koniec pliocenu nie są dobrze zidentyfikowane, a jego dokładne ramy czasowe nie są do końca pewne. Granic tej epoki nie wyznacza też jedno wydarzenie o globalnej skali, jak np. w przypadku końca ery dinozaurów – kredy, ok. 66 MLT. Zamiast tego granice tworzą różne lokalne zdarzenia, które nastąpiły na poszczególnych kontynentach. W Europie wydarzeniem bezpośrednio poprzedzającym epokę pliocenu był tak zwany kryzys messyński, czyli geologiczne zdarzenie, które miało miejsce pomiędzy 5,6 a 5,33 MLT. Kryzys messyński został wywołany przez globalne ocieplenie klimatu, związane z trwającym ok. 1,2 miliona lat cyklem modulacji amplitudy nachylenia Ziemi (Qin i in. 2022). Efekt był taki, że ok. 5,6 MLT całkowicie zniknęło połączenie Morza Śródziemnego z Oceanem Atlantyckim. Po zamknięciu Cieśniny Gibraltarskiej klimat stał się tak suchy, że basen Morza Śródziemnego prawie całkowicie wyparował w ciągu zaledwie tysiąca lat (Roveri i in. 2008). To intensywne zdarzenie pozostawiło po sobie głęboki, suchy basen, sięgający od 3 do 5 km poniżej normalnego poziomu morza, z kilkoma hipersolankowymi kieszeniami, podobnymi do dzisiejszego Morza Martwego. W tym czasie nawet tereny Polski pokrywały pustynie, a afrykański Nil dopływał aż do Sycylii i miał połączenie z Dunajem.

Nieco później, około 5,5 MLT, bardziej wilgotne warunki klimatyczne spowodowały, że rejon śródziemnomorski otrzymał więcej słodkiej wody z rzek, stopniowo wypełniającej i rozcieńczającej hipersolankowe jeziora. Powstały większe obszary słonawej wody, podobne do dzisiejszego Morza Kaspijskiego. Kryzys messyński zakończył się ok. 5,33 MLT ponownym otwarciem Cieśniny Gibraltarskiej. Atlantyk nappełnił wtedy w bardzo szybkim tempie basen



W późnym miocenie (ok. 10 MLT) pld.-wsch. Europę pokrywało ogromne jezioro zwane Morzem Panońskim. W pliocenie podzieliło się na mniejsze, choć wciąż bardzo duże jeziora.

źródło: Pannonian/Wikimedia Commons



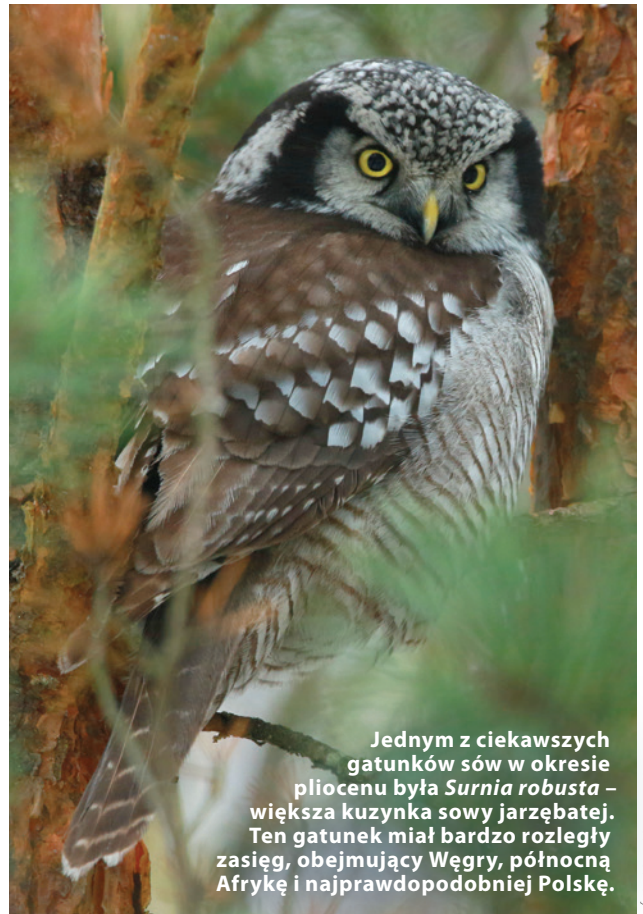
Zachodnie brzegi Morza Panońskiego zamieszkiwał mniejszy kuzyn żyjącego w Polsce pomurnika (na zdjęciu) – *Tichodroma caepi*, być może przypominał go wyglądem.

foto: Piotr Gyz

Morza Śródziemnego podczas tak zwanego potopu zankl (ang. *Zanclean Flood*; Clauson i in. 1996; Blanc 2002; Garcia-Castellanos 2009). Zdarzenie to jest jednocześnie uznawane za początek pliocenu w Europie i rozpoczyna proces globalnego ochładzania klimatu. Sam potop zankl był bardzo gwałtownym i krótkim (w geologicznej skali czasu) wydarzeniem. Naukowcy oszacowali, że woda spływała po spadku o długości ponad 1 km, a maksymalny przepływ wynosił około 100 milionów metrów sześciennych wody na sekundę, a więc około 1000 razy więcej niż w dzisiejszej Amazonce (Garcia-Castellanos i in. 2009). To sprawiło, że Morze Śródziemne szybko nappełniło się ponownie wodą, ale mimo to nawet dziś jest znacznie bardziej zasolone niż Atlantyk. Powodem tego jest bardzo wąskie połączenie z oceanem i wciąż bardzo duże tempo parowania. Zdaniem badaczy, kryzys messyński prawie na pewno powtórzy się w niedalekiej przyszłości, a według niektórych do całkowitego wyparowania Morza Śródziemnego będzie potrzeba mniej niż 1000 lat. Być może nawet wystarczy 300 lat. Nie trzeba tłumaczyć, jakie miałyby to konsekwencje dla ludzkości.

Era ssaków

Mimo stopniowego ochładzania klimatu, nawet w środkowym pliocenie (3,3–3 MLT) średnia globalna temperatura była o 2–3 °C wyższa niż obecnie (Robinson i in. 2008), ale jak wspomniano wcześniej, poziom dwutlenku węgla był taki sam jak dziś i wynosił ok. 400 ppm (NASA

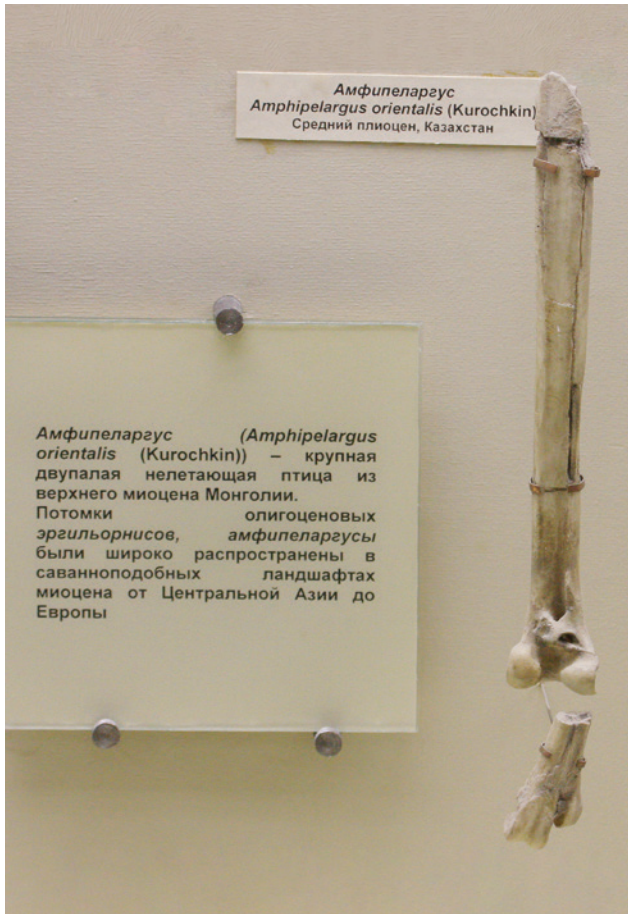


Jednym z ciekawszych gatunków sów w okresie pliocenu była *Surnia robusta* – większa kuzynka sowy jarzębatej. Ten gatunek miał bardzo rozległy zasięg, obejmujący Węgry, północną Afrykę i najprawdopodobniej Polskę.

foto: Piotr Gyz

2016). Układ kontynentów również z grubsza przypominał dzisiejszy, jednak poziom oceanów był ok. 25 m wyższy niż dziś (Dwyer i Chandler 2009). Pokrywa lodowa półkuli północnej w pliocenie praktycznie nie istniała aż do zlodowacenia Grenlandii, które rozpoczęło się dopiero w późnym pliocenie i było spowodowane innym zdarzeniem, tym razem o skali globalnej. Było nim utworzenie się Przesmyku Panamskiego, które całkowicie zreorganizowało prądy oceaniczne (Bartoli i in. 2005). Do tej pory oceany Atlantycki i Spokojny były połączone ze sobą, izolując na wiele milionów lat Amerykę Południową. Utworzenie Przesmyku miało poważne konsekwencje dla temperatury na całym świecie, ponieważ ciepłe równikowe prądy oceaniczne zostały odcięte i rozpoczął się proces ochładzania Atlantyku, który potęgowały coraz zimniejsze wody z Arktyki i Antarktyki.

Globalne ochłodzenie i osuszenie się klimatu przełożyło się na zanikanie lasów i powiększanie się terenów otwartych w typie stepów i sawann. To zaś przyspieszyło ewolucję i ekspansję zwierząt takich obszarów, zwłaszcza ssaków parzystokopytnych Artiodactyla, koniowatych czy nosorożców, a także polujących na nie drapieżników. To także okres intensywnej ewolucji praprzodków człowieka. Skamieniałości ssaków z pliocenu i miocenu (tzw. neogen) dokumentują zachodzące zmiany klimatu i są tak liczne, że stanowią tzw. skamieniałości przewodnie. To one definiują granice poszczególnych okresów, a na ich podstawie wyznaczono tzw. neogeńskie poziomy ssaków (ang. *Mammal Neogene Zones*, w skrócie MN), używane do korelowania



fol. Piotr Gryz

fauny stanowisk kopalnych z okresu neogenu w Europie. Tych poziomów jest aż 18 – od najstarszego o numerze MN 1 aż po najmłodszy o numerze MN 18. Ich granice wyznacza pierwsze pojawienie się (ang. *First Appearance Date*, FAD) określonego gatunku lub rodzaju ssaków. Niestety, taki podział nie do końca pokrywa się z ogólnie przyjętym podziałem epoki, co widać na przykładzie pliocenu. Epokę tę rozpoczyna poziom MN 13, który jednocześnie obejmuje końcówkę poprzedzającego pliocenu miocenu i rozpoczyna się wraz z pojawieniem się np. wielbłądów z rodzaju *Paracamelus* i niedźwiedzi z rodzaju *Agriotherium*. Ma to miejsce 7,2-6,8 MLT, czyli jeszcze przed wspomnianym kryzysem messyńskim. Epokę pliocenu kończy natomiast ssaczy poziom MN 16, którego początek wyznacza np. pojawienie się w zapisie kopalnym niektórych mamutów *Mammuthus* i koni właściwych *Equus*. Ssacze poziomy są więc obecnie najlepszym i najdokładniejszym z przyjętych rozwiązań, choć na poszczególnych kontynentach mają inne nazwy i inne ramy czasowe. Powszechnie jednak używa się ich do określania wieku skamieniałości ptaków.

Polska we wczesnym pliocenie

Najwcześniejszy pliocen udokumentowany jest przez najmniejszą liczbę ptasich szczątków, przy czym na terenie dzisiejszej Polski nie znaleziono ich wcale. Jednak przypuszczalny obraz polskiej awifauny tego okresu można uzyskać na podstawie ptasich szczątków znalezionych



rys. Piotr Gryz

Przypuszczalny wygląd jednego ze strusiożurawi – *Urmiornis ukrainus*, a po lewej kości kończyn bardzo podobnego gatunku – *Urmiornis orientalis*. Jest bardzo prawdopodobne, że ptaki te zamieszkiwały także Polskę.

w innych krajach, takich jak Węgry, Bułgaria, Ukraina, Grecja, Turcja czy Gruzja. Układ kontynentów we wczesnym pliocenie przypominał już stan obecny, ale rozmieszczenie śródlądowej sieci wodnej było z początku zauważalnie odmienne i ma ono kluczowe znaczenie w zrozumieniu awifauny środkowej Europy i Polski.

W późnym miocenie i wczesnym pliocenie tereny środkowej i południowo-wschodniej Europy pokrywały ogromne jeziora, będące pozostałością nieistniejącego już Morza Paratetydy, które jeszcze w miocenie pokrywało część Polski. Największym z nich było tzw. Morze Panońskie – pokrywające w okresie 11,6–5,8 MLT prawie całe terytorium Węgier oraz przyległe części Austrii, Czech, Słowacji, Rumunii, Chorwacji, Słowenii, Bośni i Serbii. Potem z czasem zmniejszało swoje rozmiary, a w jego miejscu pojawiały się kolejne, już mniejsze jeziora, wliczając Jezioro Dackie, Transylwańskie, Sławońskie, Kosowskie i Šoštanj (Harzhauser i Mandić 2008). Te jeziora były bardzo produktywnymi ekosystemami. Tylko w Morzu Panońskim zidentyfikowano aż 497 gatunków ślimaków, choć pod koniec jego istnienia, czyli właśnie u progu pliocenu, liczba ta spadła do 284 gatunków.

Równie bogata była awifauna okolic jeziora, co dokumentują najstarsze pliocenijskie (według niektórych późnomiocenijskie) stanowiska, rozlokowane u jego zachodnich brzegów, reprezentujące wspomniany poziom MN 13. Z 3 stanowisk w rejonie miasta Polgardi (Węgry) opisano do tej pory 71 gatunków ptaków, z których aż 63 stanowiły gatunki wymarłe, choć prawie wszystkie nale-

zące do dzisiejszych rodzajów. Skład awifauny wskazuje na bardzo zróżnicowane warunki ekologiczne panujące u zachodnich brzegów Morza Panońskiego. Występowały tam nadbrzeżne bagna, trzcinowiska, lasy, łąki, a nawet tereny skaliste porośnięte drzewami. Spośród zidentyfikowanych tam gatunków 16 (23 proc.) to ptaki wodno-błotne (kaczki, chruściele, siewkowe, czaple), 19 gatunków (27 proc.) to ptaki terenów otwartych, 27 gatunków (37 proc.) to ptaki lasów liściastych, a listę tę wzbogaca 9 gatunków (13 proc.) ptaków zasiedlających tereny skaliste, pośród których był na przykład mniejszy kuzyn dzisiejszego pomurnika *Tichodroma caepki*. Tak jak on, większość ptaków z tych stanowisk to gatunki o małych rozmiarach, a ptaki średniej wielkości stanowią niewielką część tej awifauny. Natomiast duże ptaki są prawie całkowicie nieobecne. Największymi gatunkami były pawie *Pavo aesculapi phasianoides*, myszołów *Buteo* sp., drop *Otis kalmani*, kaczka *Aythya alba*, 3 gatunki kuropatw (*Palaeortyx*), bekas *Gallinago veterior*, kukulka *Cuculus pannonicus* i krukowate (*Corvus pliocaenus*, *Miocorvus larteti*). Wszystkie pozostałe gatunki były znacznie mniejszych rozmiarów i były to zwykle ptaki wróblowe (39 gatunków). Wielkość oraz fragmentaryczność znalezionych szczątków doprowadziły badaczy do interesujących wniosków. Skamieniałości reprezentowały również szczątki 4 gatunków sów – średniej wielkości płomykówka *Tyto campiterrae*, prehistoryczny podgatunek pójdzki, przez niektórych uważany za odrębny gatunek (*Athene noctua veta*), sóweczka *Glaucidium baranensis* i większa kuzynka sowy jarzębatej *Surnia robusta*, która była ok. 31 proc. większa od niej (osiągała więc rozmiary dużego puszczyka uralskiego *Strix uralensis*). Zdaniem badaczy (Kessler 2009b), to prawie pewne, że większość ze znalezionych kości zgromadziły w skalnych zagłębieniach i szczelinach właśnie sowy. Potwierdzają to również rozmiary tamtejszych ptaków, które idealnie pasują na zdobycz tych sów.

Ciekawe jest również, że w awifaunie pojawia się już kilka gatunków współczesnych, jak np. raróg *Falco cherrug*. A nawet te, które należały do kopalnych gatunków, reprezentowały dzisiejsze rodzaje. Istniały już wtedy różne skowronki, świergotki, jaskółki, kowaliki, pełzacze, kłaskawki, trzciniaki, pierwiosnki, pluszcze, płochacze, dzierzby, wróble, zięby, krzyżodzioby, gile i trznadle. Zapewne podobne do dzisiejszych, ale reprezentujące inne gatunki. Jednak nie wszystkie pliocenские ptaki były małe, na co dowodem są skamieniałości znalezione w ukraińskiej miejscowości Szkodowa Góra (okolice Odessy; Kovalchuk i in. 2017). Dzięki nim wiadomo, że okolice zamieszkiwały sowy, kaczki, większy kuzyn gęsiówki – *Proanser major*, 2 gatunki kormoranów, w tym jeden *Phalacrocorax longipes*, większy, ale bardziej smukły od kormorana zwyczajnego *Ph. carbo*. Najciekawszym gatunkiem był jednak olbrzymi pelikan odeski *Pelecanus odessanus* – niektóre jego kości były o 25 proc. większe od pelikana kędzierzawego *Pelecanus crispus*.

Z pewnością przynajmniej część gatunków z Ukrainy i okolic Morza Panońskiego zamieszkiwała także Polskę, mimo że od południa była już w pewnym stopniu izolo-

wana przez Karpaty. Wskazują na to skamieniałości ssaków wspólne dla polskich i węgierskich stanowisk, a dobrym przykładem jest popielica *Glis minor*. Gatunek ten występował w najstarszym polskim stanowisku z okresu pliocenu – w Podlesicach (rejon Kroczyca, Wyżyna Krakowsko-Częstochowska). Znaleziono tam również brekcję kostną utworzoną przez zimującą kolonię pliocenских nietoperzy. Reprezentuje ona już poziom MN 14, który jest nieco młodszy od tego, z którego pochodzą węgierskie i ukraińskie skamieniałości. Trwał on od 4,9 do 4,2 MLT i charakteryzuje go pojawienie się dzika *Sus arvernensis*, jeleni z rodzaju *Croizetoceros*, pierwszych gepardów z rodzaju *Acinonyx* oraz rysia *Lynx issiodorensis*. Ich szczątków niestety nie znaleziono w Podlesicach, ale fauna nietoperzy wskazuje, że klimat był ciepły, typu śródziemnomorskiego, z wyraźnym podziałem na porę ciepłą i chłodniejszą, w czasie której nietoperze nie znajdowały warunków do odżywiania się (Kowalski 1968). W skład fauny nietoperzy wchodził m.in. podkasańiec *Miniopterus approximatus*, kuzyn podkasańca zwyczajnego *Miniopterus schreibersii*, zamieszkującego dziś tereny od Karpat na południe aż do tropików Azji i Australii.

W faunie Podlesic brak zarówno gatunków tropikalnych, jak i borealnych. W sąsiedztwie miejsca, w którym gromadziły się szczątki ssaków, występowały najprawdopodobniej dwa typy roślinności: las i tereny otwarte. O obecności lasu mówią inne skamieniałości, np. wiewiórek i pilchovatych. Natomiast na istnienie przeważających terenów stepowych wskazują skamieniałości ślepca *Spalax*, szczekuszki *Ochotona*, chomików i przypominającej tchórze perewiaski *Vormela petenyii*. Niestety, jak wspomniano wcześniej, w Podlesicach nie znaleziono do tej pory szczątków ptaków, ale na temat ówczesnej awifauny z tego okresu (MN 14) mogą co nieco powiedzieć wspomniane skamieniałości z Węgier oraz równolegowe z innych części Europy, np. z Ukrainy, Bułgarii, Mołdawii, Grecji, Turcji i Gruzji.

W całym pliocenie, a nawet jeszcze później, w plejstocenie, pospolitymi ptakami Europy były pawie, dziś ograniczone do południowo-wschodniej Azji i tropikalnej Afryki. Najciekawszy i najszerzej rozprzestrzeniony był tzw. paw Bravarda *Pavo bravardi*, większy od dzisiejszych kuzynów. Początek pliocenu to także okres rozkwitu ptaków terenów otwartych, takich jak dropie i strusie, co dokumentują skamieniałości z Turcji i Gruzji. Znaleziono tam szczątki wskazujące na istnienie dropi *Iorotis gabuni*, które były ok. 30 proc. większe od największych dziś żyjących gatunków. Najciekawsza była jednak niesłychana różnorodność strusi, które reprezentowało wiele gatunków o różnych rozmiarach. Po raz pierwszy w zapisie kopalnym pojawiają się olbrzymie strusie z rodzaju *Pachystruthio*, takie jak struś transkaukaski *Pachystruthio transcaucasicus*. Strusie z tego rodzaju były znacznie większe od współczesnych i osiągały rozmiary madagaskarskich mamutaków Aepyornithidae, dorastając do 3,5 m i 300–500 kg. W przeciwieństwie do nich były jednak doskonałymi biegaczami. Obok nich żyły już strusie należące do dzisiejszego rodzaju *Struthio* i o rozmiarach zbliżonych do dzisiejszych kuzynów (np. *Struthio karatheodoris*).

W okresie od późnego miocenu aż po późny plejstocen w Europie było na tyle ciepło, że licznie zamieszkiwały ją pawie. Najpospolitszym i szeroko rozprzestrzenionym gatunkiem był większy kuzyn pawia indyjskiego – *Pavo bravardi*, który zapewne przypominał go wyglądem.



fol. Piotr Gyz

Początek pliocenu to także schyłek istnienia tzw. strusiożurawi Ergilornithidae – smukłych ptaków o pokroju i wielkości żurawi lub dropi, ale także należących do rzędu strusiożuraw. Z tego okresu znane są skamieniałości dużych gatunków z rodzaju *Amphipelagrus* oraz nieco mniejszych, jak *Urmiornis ukrainus*. Z ciekawszych ptaków wczesnego pliocenu można wymienić olbrzymiego kuzyna naszego boćka – *Ciconia gaudryi*, który osiągał wysokość 1,65 m. Przełom miocenu i pliocenu to także okres istnienia ogromnych, długodziobych żurawi, jak „*Grus*” *pentelici* i *Grus moldavicus*, przypominających dzisiejszego żurawia białego *Leucogeranus leucogeranus*.

Na koniec warto jeszcze wspomnieć o bułgarskich skamieniałościach z poziomu MN 14. Reprezentują je skamieniałości najstarszego gatunku głuszcza *Tetrao rhodopensis*, kaczki *Balcana plicenicus* i bliżej nieokreślonej kuropatwy *Perdicinae* indet, znalezione w miejscowości Dorkowo, oraz szczątki łabędzia *Cygnus verae*, znalezione w stolicy Bułgarii – Sofii, w jednym z miejskich parków. Wymarły łabędź był o tyle ciekawy, że był morfologicznie pośredni między łabędziem niemym *Cygnus olor* i krzykliwym *C. cygnus*. Wszystkie te gatunki, a zwłaszcza te ze wschodniej Europy, mogły występować także w Polsce, co potwierdzają nieco młodsze skamieniałości z kolejnej ssaczej biozony. Ale to już inna historia.

Specjalne podziękowania dla dr hab. Magdaleny Łukowiak i mgr. Michała Czernielewskiego.

Literatura

- Bartoli G. i in. 2005. Final closure of Panama and the onset of northern hemisphere glaciation. *Earth Planet. Sci. Lett.* 237 (1–2): 3344.
- Blanc P.-L. 2002. The opening of the Plio-Quaternary Gibraltar Strait: assessing the size of a cataclysm. *Geodinamica Acta* 15 (5–6): 303–317.
- Clauzon G. i in. 1996. Alternate interpretation of the Messinian salinity crisis: Controversy resolved?. *Geology* 24 (4): 363.
- Dwyer G.S. i Chandler M.A. 2009. Mid-Pliocene sea level and continental ice volume based on coupled benthic Mg/Ca palaeotemperatures and oxygen isotopes. *Phil. Trans. R. Soc. A.* 367 (1886): 157–168.
- Garcia-Castellanos D. 2009. Catastrophic flood of the Mediterranean after the Messinian salinity crisis. *Nature* 462 (7274): 778–781.
- Harzhauser M. i Mandic O. 2008. Neogene lake systems of Central and South-Eastern Europe: Faunal diversity, gradients and interrelations, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 260 (3–4): 417–434.
- Kowalski K. 1964. Paleoeologia ssaków pliocenu i wczesnego plejstocenu Polski. *Acta Theriologica* 8 (4): 73–88.
- Kovalchuk, O.M. i in. 2017. Vertebrates from the Pontian of the Shkodova Gora locality (Northwestern Black Sea Region, Upper Miocene). *Paleontological Journal* 51: 414–429.
- Kessler E. 2013b Neogene songbirds (Aves, Passeriformes) faunae from Hungary. *Hantkeniana* 8: 37–149.
- NASA. 2016. Solutions: Responding to Climate Change. [Climate.Nasa.gov](https://climate.nasa.gov).
- Roveri M. i in. 2008. A high-resolution stratigraphic framework for the latest Messinian events in the Mediterranean area. *Stratigraphy* 5 (3–4): 323–342
- Qin J. i in. 2022. 1.2 Myr Band of Earth-Mars Obliquity Modulation on the Evolution of Cold Late Miocene to Warm Early Pliocene Climate. *Solid Earth* 127 (4).