

Archioavis huxleyi
– rysunek przedstawia
oryginalne barwy upierzenia
zrekonstruowane
przez naukowców,
rys. Piotr Gryz



Barwy piór sprzed milionów lat

PIOTR GRYZ

Warszawska Grupa Lokalna OTOP

Bariera nie do pokonania?

Już od czasów znalezienia pierwszej skamieniałości i powstania nauki zwanej paleontologią naukowcy próbowali odtworzyć wygląd zwierząt żyjących miliony lat temu. Zawsze pozostawała jednak jedna niewiadoma – jak były ubarwione? Naukowcy i artyści przedstawiali na ten temat własne wizje, opierając się najczęściej na wyglądzie gatunków najbliższej spokrewnionych lub żyjących w podobnym środowisku. Wydawało się, że nigdy się tego nie dowiemy. Jak się jednak okazało, nauka nie zna rzeczy niemożliwych i udało się pokonać także tę barierę. Pomogły w tym skamieniałości ptaków i upierzonych dinozaurów.

Pierwszych wskazówek dostarczyło naukowcom skamieniałe pióro z Brazylii, pochodzące sprzed ok. 100 milionów lat, czyli okresu, kiedy Ziemią władały dinozaury. Co cie-

kawe, na piórze zachowały się ciemne i jasne prążki, które mogły być śladami oryginalnego ubarwienia. Oglądając okaz pod elektronowym mikroskopem skaningowym, naukowcy zauważyli owalne struktury o dł. 1-2 μm i początkowo sądzili, że są to bakterie. W 2008 r. pióro postanowił jednak jeszcze raz obejrzeć doktorant z Uniwersytetu Yale – Jakob Vinther. On i jego współpracownicy zauważyli coś, co przeoczono wcześniej. Otóż dłuższe struktury, które uważano za bakterie, występowały jedynie w ciemnej części pióra. Było to zaskakujące, bowiem bakterie nie miały powodu, by sytuować się jedynie w określonej części pióra. Musiało to być coś innego. Naukowcy wyciągnęli więc wniosek, że te mikroskopijne ciała są melanosomami – owalnymi ciałkami zawierającymi barwnik, odpowiedzialnymi za kolor upierzenia ptaków czy skóry



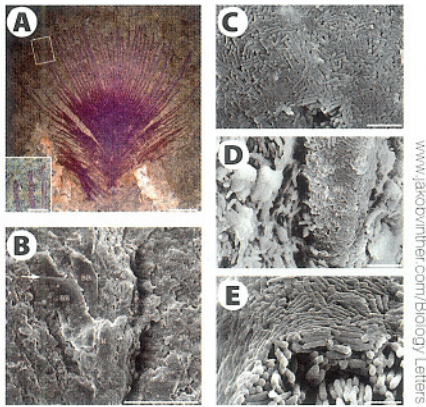
ssaków. Melanosomy występują w kilku rodzajach. Pierwszy to eumelanosomy, które zawierają ciemny barwnik – melaninę i mają blaszkowato-eliptyczny kształt. Drugi rodzaj – feomelanosomy. Mają odmienny od poprzednich okrągły kształt i występują w nich czerwobrązowe lub żółte barwniki. Według Vinthera to właśnie owe barwniki, a szczególnie melanina, sprawiają, że struktury te zachowują się w zapisie kopalnym. Aby jednak potwierdzić swoje odkrycie, autor przebadał jeszcze jeden okaz – nieopisany gatunek ptaka z duńskiej formacji Fur. Przy jego czaszce również zachowały się pióra i, jak się okazało, zawierały melanosomy, które były podobne pod względem kształtu, wielkości i rozmieszczenia do tych ze skamieniałego pióra. To potwierdziło odkrycie Vinthera i było pierwszym krokiem na drodze do poznania barw zwierząt sprzed milionów lat.

Rok po swoim odkryciu Vinther opublikował kolejną pracę. Autor przebadał tym razem skamieniałe pióro pochodzące z niemieckiej kopalni Messel. W trakcie badań ustalił, że występują w nim oba rodzaje melanosomów, które ponadto układają się w warstwy. Takiego stanu rzeczy nie stwierdzono we wcześniej badanych piórach.

Podobne ułożenie melanosomów autor zauważył u kilku współcześnie żyjących grup ptaków. Układ warstw w skamieniałym piórze przypominał bowiem ten występujący u dobrze nam znanych szpaków i kacyków. Ptaki te, jak wiadomo, mają czarne opalizujące upierzenie, które tworzą właśnie ułożone w ten sposób melanosomy. Z tego względu nazywamy je barwami strukturalnymi. Vinther dostarczył więc dowodów na to, że ptaki posiadały ten typ ubarwienia już prawie 50 milionów lat temu.

Ubarwienie przodka ptaków

Rok 2009 obfitował w wiele wspaniałych odkryć z dziedziny ornitologii i paleontologii. Jednym z największych było odkrycie dinozaura nazwanego anchiornis (*Anchiornis huxleyi*). Jest to gatunek tak niezwykle, że właściwie wymagałby osobnego artykułu. Jego szczątki znaleziono w Chinach (prowincja Liaoning), w pokładach formacji skalnej Tiaojishan, datowanych na 161-151 milionów lat temu. Był to dinozaur, jednak nazwanie go *anchiornis* (co oznacza „bliski ptakom”) wskazuje, że posiadał on wiele cech ptasich.



Fot. 1: Skamieniałe pióro konturowe z kopalni Messel (SMF ME 3850) – dowód występowania barw strukturalnych u ptaków 47 milionów lat temu

- a) skamieniałe pióro; okienko przedstawia zbliżenie dalszych promieni
- b-e) widok próbek odpowiednika, wykonane pod elektronowym mikroskopem skaningowym (dodatkowy materiał)
- b) dalsza część gałęzi promienia
- c) powierzchnia promyka z warstwą melanosomów
- d) podstawa promyka i jego uwiązanie do gałęzi promienia; zauważalny brak melanosomów na gałęzi
- e) przekrój poprzeczny promyka z widoczną cienką zewnętrzną warstwą melanosomów i ustawionymi szeregowo melanosomami wewnątrz
- Oznaczenia: R – gałąź z luźno ustawionymi w szeregu melanosomami; BB – promyki z cienką powierzchnią melanosomów; strzałki pokazują granicę komórki
- Skala: a) 5 mm, okienko 1 mm; b) 50 μm ; c,d) 2 μm e) 1 μm

Pierwszą z nich były wyjątkowo długie jak na dinozaura kończyny przednie, stanowiące 80% długości kończyn tylnych. Długie i masywne kończyny przednie umożliwiające lot są główną cechą odróżniającą pierwsze ptaki od niektórych podobnie zbudowanych dinozaurów. Drugą ważną cechą to budowa nadgarstka, która wskazuje na wysoką mobilność. Taka budowa pozwala ptakom na składanie i rozkładanie skrzydeł. Kolejną to upierzenie. Pomimo cech zbliżających go do ptaków, pozostałe właściwości jego budowy wskazywały na pokrewieństwo z dinozaurami z nadrodziny deinonychozaurów (Deinonychosauria). Warto wspomnieć o upierzeniu tego gatunku. Anchiornis posiadał bowiem duże lotki zarówno na kończynach przednich (11 pierwszorzędowych i 10 drugorzędowych), jak i tylnych (12-13 na podudziu i 10-11 na śródstopiu). Podobne upierzenie i obecność czterech skrzydeł stwier-

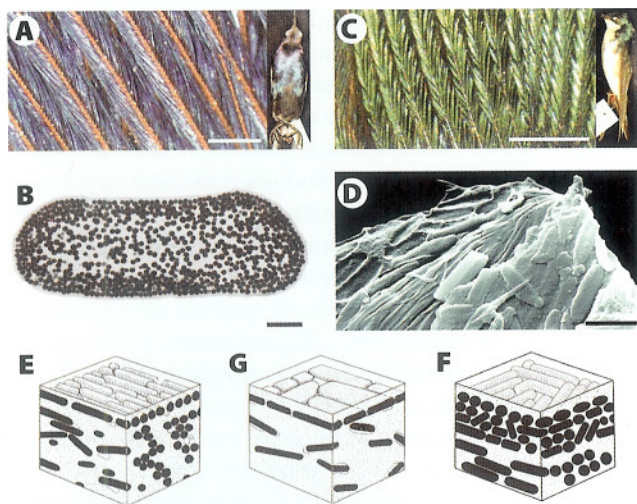
dzono już wcześniej u niektórych dinozaurów (np. *Microaptor*), u anchiornisa są one jednak znacznie bardziej prymitywne. Przyglądając się bardziej jego piórom zauważymy, że są asymetryczne, mają zakrzywione dudki i tępe końce. Taka budowa świadczy o znacznie mniejszych zdolnościach lotnych niż u prapłata i dinozaurów takich jak *Microaptor*. Fakt ten potwierdza, że anchiornis mógł być przodkiem ptaków. U gatunku tego stwierdzono również występowanie dwóch rodzajów piór puchowych, najciekawszy jest jednak chyba fakt występowania piór również na palcach stopy. Do tej pory nie stwierdzono tego u żadnych kopalnych ptaków ani dinozaurów. Odkrycie to obiegło wkrótce cały świat i zainteresowało wielu innych naukowców. Jednym z nich był J. Vinther – postanowił on rozszyfrować ubarwienie tego fascynującego zwierzęcia. Przebadał więc trzeci okaz anchiornisa i pobrał 29 próbek odpowiadających każdemu rodzajowi piór pochodzących z całej skamieliny. W każdym z nich przeanalizował rozmiar, kształt, gęstość oraz rozmieszczenie melanosomów. W pracy pomagał mu Matt Shawkey z University of Akron, z którym wspólnie katalogowali melanosomy pochodzące od różnych gatunków współcześnie żyjących ptaków. Ich praca dostarczyła informacji, jak różne kombinacje melanosomów tworzą konkretne barwy, a to z kolei pozwoliło na właściwe odtworzenie barw anchiornisa. W toku badań okazało się, że w jego upierzeniu dominowały barwy szara i czarna. Stwierdzono również, że niektóre pióra, m.in. te na wszystkich czterech skrzydłach mają bardzo mało melanosomów przy podstawach. Wniosek był więc taki, że musiały one być białe lub bardzo jasne. Feomelanosomy odpowiedzialne za czerwonawobrazowe zabarwienie stwierdzono jedynie na piórach korony i boków głowy. Była to pierwsza tak dokładna rekonstrukcja ubarwienia kopalnego zwierzęcia i jedna z pierwszych rekonstrukcji barwy dinozaura.

Kolorowy pingwin

Pingwiny są powszechnie znaną grupą ptaków. Jak jednak wyglądały miliony lat temu? Otóż były wśród nich gatunki znacznie różniące się od tych występujących dzisiaj. Szczególną uwagę zwracają przedstawiciele wymarłej podrodziny Palaeoedyptinae, których można by nazwać „pingwinami mieczodziobymi” ze względu na bardzo wydłużone dzioby. Ich angielska nazwa „giant penguins” odnosi się jednak do zupełnie innej cechy. Do grupy tej należą bowiem największe znane nauce gatunki, z których większość osiągała wys. 1,5 m i wagę do 100 kg. Dla porównania, największy żyjący dziś gatunek – pingwin cesarski (*Aptenodytes forsteri*) osiąga wysokość 1,2 m i wagę do 45 kg.

„Pingwiny mieczodziobe” żyły na Ziemi w okresie od środkowego eocenu aż po późny oligocen (ok. 40-23 milionów lat temu), a ich szczątki znaleziono na terenie Antarktydy, Nowej Zelandii oraz ostatnio w Peru.

Najbardziej interesujące są skamieniałości z Peru, ponie-



www.lakobvinter.com/Biology_Letters

Fot. 2: Barwy strukturalne u ptaków

a) pióro konturowe z brzucha samca wilgowrona żaglosternego (*Quiscalus major*), przedstawiciela rodziny kacyków; widoczny niebieski, opalizujący kolor dalszych promieni

b) widok pod mikroskopem elektronowym promyków wilgowrona żaglosternego w przekroju poprzecznym; widoczne melanosomy (M. Shawkey)

c) tył pióra konturowego nadobniczki drzewnej (*Tachycineta bicolor*)

d) obraz złamanego promyka czubika wąsatego (*Hemiprocne mystacea*) pod elektronowym mikroskopem skaningowym; widoczne melanosomy zorientowane losowo, jak u nadobniczki drzewnej i w skamieniałym piórze z Messel (porównaj fot. 1 c)

e-f) schemat położenia melanosomów zilustrowanych w podpunkcie b) i d) (wg Durrer, 1977)

g) rekonstrukcja położenia melanosomów w skamieniałym piórze z Messel (patrz. fot. 1)

Skala: a, c – 0,5 mm; b, d – 1 μ m

waż odkryto wśród nich zupełnie nowy gatunek, który nazwano *Inkayacu paracasensis*. Odkrycia dokonał ten sam zespół, który wcześniej ustalił barwy anchiornisa. Zespołem kierowała dr Julia A. Clarke z University of Texas, a znaleźli się w nim również M. Shawkey i J. Vinther. Szczałki pingwina były świetnie zachowane. Stanowił je prawie kompletny szkielet wraz z zachowanymi piórami skrzydła, piórami konturowymi ciała i łuskami na stopie. To pozwoliło na dość dokładne odtworzenie wyglądu ptaka. Podobnie jak inne gatunki wielkich pingwinów osiągał on znaczne rozmiary (dł. 1,5 m) i miał bardzo wydłużony dziób. Według ostrożnych szacunków jego masa ciała za życia wynosiła 54,6-59,7 kg. Najciekawsze informacje kryło jednak skamieniałe upierzenie tego ptaka. Na pierwszy rzut oka nie różniło się ono specjalnie od upierzenia współcześnie żyjących pingwinów. Pióra były jednak wy-

rażnie krótsze w stosunku do piór konturowych małych pingwinów z wyższych szerokości geograficznych. Ponadto w okazy nie zachowały się pióra puchowe. Być może gatunek ten w ogóle ich nie posiadał. Wydać by się to mogło dość dziwne, gdyż u współczesnych pingwinów są one dobrze wykształcone. Rozwiązaniem tej zagadki może być wiek znaleziska oraz jego lokalizacja. Ptak ten żył bowiem ok. 36 milionów lat temu na terenie dzisiejszego Peru. Dziś panuje tam tropikalny klimat, jednak wtedy, w epoce zwanej eocenem, klimat był znacznie cieplejszy, więc ptakom żyjącym w tak gorącym klimacie nie była potrzebna ochrona termiczna, jaką dają pióra puchowe.

Naukowcy nie poprzestali na tym i postanowili obejrzyć upierzenie pod mikroskopem. Pobrano więc 6 różnych próbek ze skamieniałości i porównano je z próbkami pochodzącymi od współczesnych ptaków, w tym również pingwinów. Jak się okazało, w upierzeniu *Inkayacu* również zachowały się melanosomy. Nie przypominały one jednak tych u pozostałych pingwinów. U żyjących dziś gatunków tych ptaków są one większe i mają kształt zbliżony do kolistego. Te znalezione u *Inkayacu* przypominały natomiast melanosomy pozostałych ptaków, ale nie pingwinów. Taki stan rzeczy miał też wpływ na barwę upierzenia. Wszystkie współcześnie żyjące pingwiny mają upierzenie zdominowane przez barwy białą i czarną. Skamieniałe melanosomy u *Inkayacu* wskazywały natomiast na to, że upierzenie tego ptaka tworzyły dwie barwy: czerwono-brązowa i szara. Był więc bardzo nietypowo ubarwiony jak na pingwina. Niestety, wciąż nie jest jasne, czemu w toku ewolucji melanosomy u pingwinów zmieniły swój kształt i wielkość. Być może jest to związane z hydrodynamicznymi właściwościami piór. Jak wiadomo, zawarta w nich melanina ma właściwości ochronne i usztywnia pióra, co ma również wpływ na bardziej opływowy kształt ptaka. Dzięki temu dzisiejsze pingwiny mogą bardzo głęboko nurkować. Skoro tak, to „mieczo dziobe pingwiny” poływały prawdopodobnie blisko powierzchni wody.

Jak widać, paleontologia kryje przed nami jeszcze wiele zagadek. Patrząc na powyższe odkrycia, możemy jednak mieć nadzieję, że wkrótce znajdziemy odpowiedzi na nurtujące nas pytania i poznamy barwy kolejnych zwierząt żyjących miliony lat temu.

Literatura

- Clarke, J.A., Ksepka, D.T., Salas-Gismondi, R., Altamirano A.J., Shawkey M.D., D'Alba, L., Vinther, J. DeVries, T.J., Baby P.: 2010 "Fossil evidence for evolution of the shape and color of penguin feathers". *Science*
- Li Q., Gao K.Q., Vinther J., Shawkey M.D., Clarke J.A., D'Alba L., Meng Q., Briggs D.E.G. and Prum R.O.: 2010 "Plumage color patterns of an extinct dinosaur." *Science*, 327(5971): 1369-1372
- Vinther J., Briggs D.E.G., Prum R.O.: Saranathan V. 2008 "The colour of fossil feathers". *Biology Letters* 4, 522-525
- Vinther J., Briggs D.E.G., Clarke J., Mayr G. and Prum R.O. 2010, "Structural coloration in a fossil feather". *Biology Letters* 6, 128-131
- Xu X., Zhao Q., Norell M., Sullivan C., Hone D., Erickson G., Wang X., Han F.: 2009 "A new feathered maniraptoran dinosaur fossil that fills a morphological gap in avian origin", *Chinese Science Bulletin* 54: 430-435