

ГМТАН



ЭВОЛЮЦИЯ

ТЫ НЕБА

Окаменелости огромных морских птиц помогают ученым
понять, как летали эти вымершие гиганты

Дэниел Ксепка и Майкл Хабиб



ОБ АВТОРАХ

Дэниел Ксепка (Daniel T. Ksepka) — палеонтолог и куратор Музея Брюса в Гриниче, штат Коннектикут. Изучает эволюцию птиц и рептилий.

Майкл Хабиб (Michael Habib) — анатом, работает в Университете Южной Каролины. Исследует биомеханику древних птиц, птерозавров и других вымерших животных.



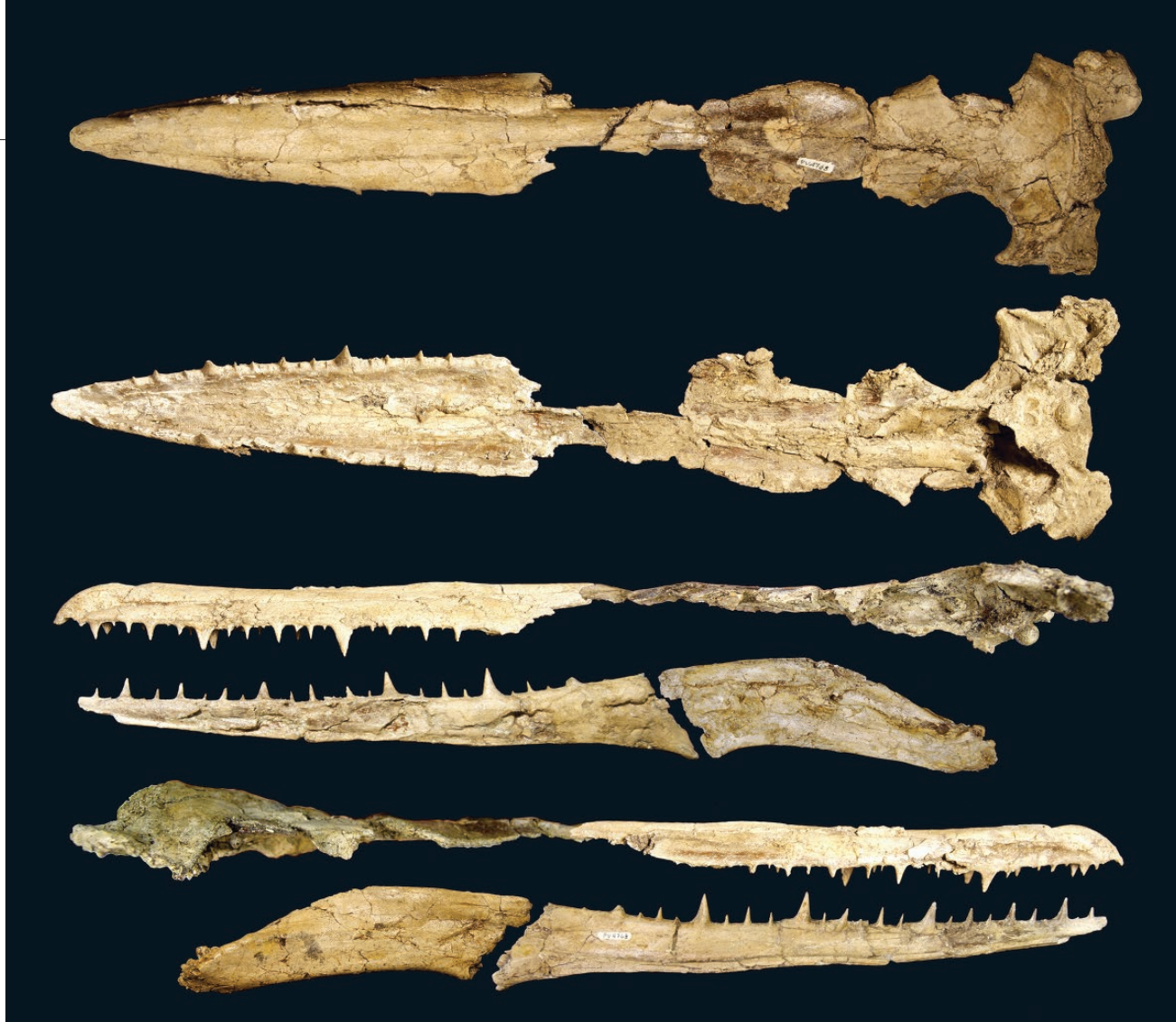
В своей современной ипостаси живописная Чарлстонская бухта в Южной Каролине служит пристанищем для множества морских птиц — от пеликанов и бакланов, добывающих пищу в устьях рек, до чаек и цапель, гнездящихся на близлежащих морских островах, и мелких певчих пернатых, останавливающихся здесь на отдых во время сезонных перелетов. Но примерно 25 млн лет назад каролинскими небесами правили настоящие пернатые монстры — гигантские летающие птицы с крыльями, не уступавшими размахом легким современным самолетам, и клювами, унизанными острыми костяными шипами.

По иронии судьбы ископаемые останки этих жутких крылатых существ впервые были найдены рядом с Чарлстонским международным аэропортом. В 1983 г. группа ученых под руководством палеонтолога Эла Сандерса (Al Sanders), работавшего тогда в Чарлстонском музее, обнаружила окаменелые кости и предположила, что они принадлежали некоей крупной птице. Но в то время в распоряжении исследователей было множество других окаменелостей, а потому кости были отправлены в хранилище. Прошло три десятилетия, прежде чем анализ, проведенный одним из авторов этой статьи, Дэниелом Ксепкой, показал, каким замечательным созданием было забытое животное. Сандерс и его сотрудники вернули из небытия крупнейшую из всех известных науке летающих птиц, когда-либо обитавших на Земле, — вид, относящийся к загадочной группе пернатых, называемой пелагорнитидами. В честь первооткрывателя Ксепка назвал существо пелагорнисом Сандерса (*Pelagornis sandersi*).

О том, что в незапамятные времена пелагорнитиды патрулировали воздушное пространство, палеонтологам известно уже более 150 лет. Но из-за скудости ископаемого материала они почти ничего не знали о том, как летают эти гиганты, какой ведут образ жизни и почему достигли огромных размеров. Недавний анализ самого крупного представителя пелагорнитидов, *P. sandersi*, наряду с исследованиями этих пернатых колоссов вторым автором статьи, Майклом Хабибом, позволил заполнить многие пробелы. Как свидетельствуют последние данные, своим эволюционным успехом пелагорнитиды обязаны столкновению Земли с астероидом, уничтожившим динозавров и их близких крылатых родственников птерозавров, а их впечатляющие размеры — результат адаптации к фуражировке над открытым океаном. Но какая бы движущая сила ни стояла за их гигантизмом, их габариты сильно превышают размеры тела, которые, по мнению некоторых исследователей, возможны для летающих птиц.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- О пелагорнитиде, необычных птицах, когда-то паривших над океанами, палеонтологи знают давно.
- Некоторые виды пелагорнитидов были гораздо крупнее самых больших современных летающих птиц.
- Недавнее открытие нового вида пелагорнитидов — самой крупной летающей птицы в истории Земли — позволило ученым объяснить, как летали эти гигантские существа и почему они достигли столь громадных размеров.



Хорошо сохранившийся череп вымершей птицы *P. sandersi* (показан в разных ракурсах). Клюв унизан так называемыми ложными зубами — характерная особенность этой группы птиц (пелагорнитидов). «Зубы», а точнее полые выросты костей над- и подклювья, помогли хищному *P. sandersi* ловить жертв.

Загадочные кости

Изучение пелагорнитидов имеет долгую и богатую историю. В 1857 г. французский палеонтолог Эдуард Ларте (Édouard Lartet) описал очень крупную кость крыла одной из этих птиц, которая, по его мнению, могла принадлежать древнему альбатросу. Ученый окрестил птицу *Pelagornis miocaenus*, что попросту означает «миоценовая морская птица». Несмотря на скучное название, носившее его таинственное существо сильно взволновало современников Ларте. Длина кости крыла (плечевой кости) достигала 60 см, а это означало, что ее обладатель был вдвое крупнее некоторых современных альбатросов. К сожалению, располагая только данным фрагментом крыла, палеонтологи не имели возможности составить общее представление о том, как выглядело существо.

Предположение, что обладателем громадной кости был суперальбатрос, подверглось сомнению в 1873 г., когда английский анатом Ричард Оуэн (Richard Owen) описал череп другой гигантской птицы, названной им *Odontopteryx totiapica*. Череп

был настолько своеобразен, что не мог принадлежать ни одной современной группе пернатых. Ученые приписали его прежде неизвестной группе огромных вымерших птиц. Последующие находки более полных скелетов позволили установить, что плечевая кость «альбатроса» Ларте на самом деле тоже принадлежала этой группе птиц.

В XX в. было сделано еще несколько ископаемых находок пелагорнитидов, но часть их бесследно исчезла. В 1910 г. был обнаружен один из наиболее хорошо сохранившихся черепов этих птиц, приписанный учеными к новому виду — *Pseudodontornis longirostris*. Германский Кенигсбергский университет приобрел его у бразильского моряка. Но во время Второй мировой войны бомбардировки союзнической авиации разрушили Кенигсберг, который после войны отошел к СССР и был переименован в Калининград. Сегодня местонахождение этой окаменелости неизвестно; никто не знает, была ли она уничтожена во время конфликта, украдена или перевезена в другое место.

Пернатые аэропланы

Как показал недавний анализ костей *P. sandersi*, найденных несколько десятилетий назад на территории аэропорта, это существо было самой крупной летающей птицей, когда-либо обитавшей на Земле: оно в два с лишним раза превосходило размерами самую крупную современную летающую птицу — странствующего альбатроса. Способностью к полету этот исполин был обязан целому ряду приспособлений (справа). Сравнение пропорций *P. sandersi* с телосложением современных пернатых помогло ученым реконструировать стиль его полета (внизу).

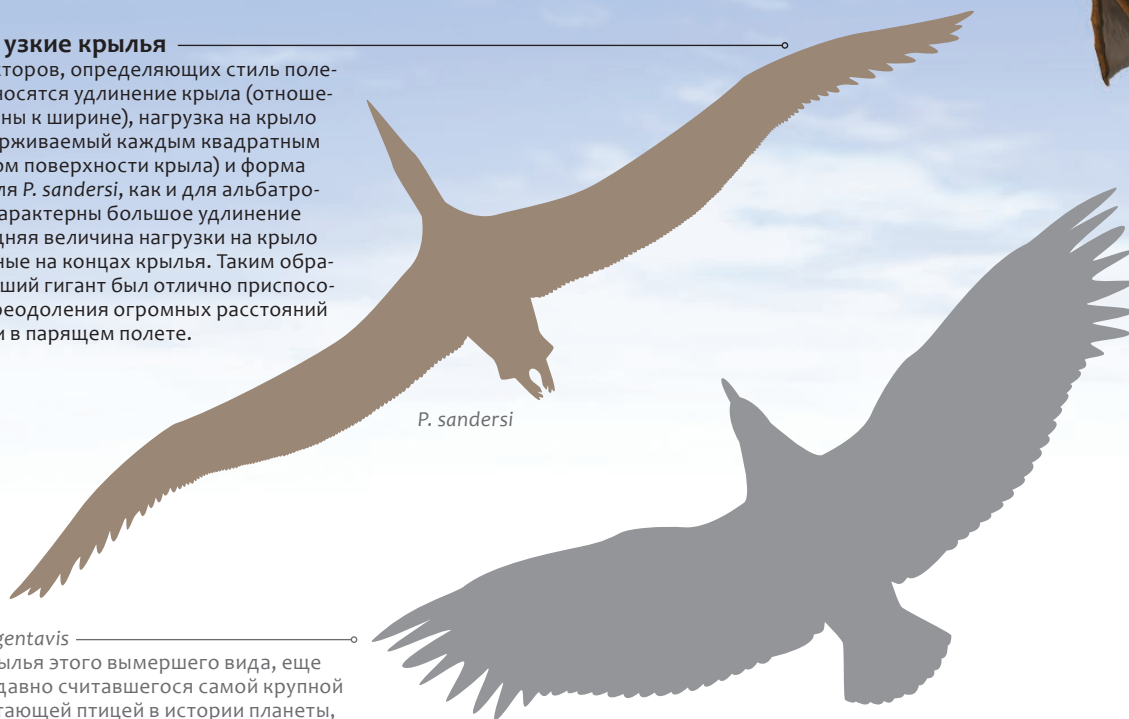
Плечо

Лопатки невероятно малы по сравнению с остальным туловищем. Это указывает на то, что мышцы, прикреплявшиеся к крыльям со стороны спины, были сильно редуцированы в связи со сниженной необходимостью в машущем полете. Кроме того, головка плечевой кости, расположенная ближе к черепу, имела почти квадратную форму, что препятствовало ее вращению в плечевом суставе. Это затрудняло машущий полет, но помогало стабилизировать крыло во время планирования.



Длинные узкие крылья

К числу факторов, определяющих стиль полета птиц, относятся удлинение крыла (отношение его длины к ширине), нагрузка на крыло (вес, поддерживаемый каждым квадратным сантиметром поверхности крыла) и форма крыльев. Для *P. sandersi*, как и для альбатросов, были характерны большое удлинение крыла, средняя величина нагрузки на крыло и заостренные на концах крылья. Таким образом, вымерший гигант был отлично приспособлен для преодоления огромных расстояний над морями в парящем полете.



Argentavis

Крылья этого вымершего вида, еще недавно считавшегося самой крупной летающей птицей в истории планеты, по-видимому, напоминали крылья кондора: они были сравнительно широкими и выемчатыми на концах.



Ноги

Из-за коротких ног *P. sandersi* передвигался по суше неуклюже, но на коротких расстояниях он мог развивать достаточную для взлета скорость бега. Если же его лапы были снабжены перепонками, то разогнавшись и взлетать ему было удобнее с поверхности воды.

Крыло

Кости крыла были тонкими, как бумага, что облегчало вес скелета, но достаточно прочными, чтобы выдерживать сильные порывы штормовых ветров.

Великолепный фрегат

Благодаря большому удлинению крыльев и низкой нагрузке на крыло эта птица лучше приспособлена к медленному парению на большой высоте от поверхности моря, чем альбатрос. Фрегаты летают на высоте до 2,5 км над уровнем моря, а альбатросы обычно планируют невысоко над морскими волнами.

Дрофа

Дрофа — одна из самых тяжелых летающих птиц на свете. Большая масса тела и длинные широкие крылья указывают на то, что для этого вида характерны промежуточные величины удлинения крыла и нагрузки на него. Крылья летящей птицы совершают медленные и глубокие взмахи.

Домовый воробей

Малое удлинение крыла, промежуточная нагрузка на крыло и округлые крылья позволяют воробью ловко маневрировать в узких пространствах.

Калифорнийский кондор

Кондор парит в поднимающихся от земли потоках теплого воздуха; ему свойственны малое удлинение крыльев и средняя нагрузка на крыло.

Рубиноголовый колибри

Крылья этой крошечной птички напоминают по форме нож для масла и имеют небольшое удлинение и высокую нагрузку на крыло. Такие крылья позволяют колибри практиковать высокоспециализированный стиль полета — зависание в воздухе на одном месте.

Кряква

Большое удлинение крыльев, высокая нагрузка на крыло и заостренные кончики крыльев обеспечивают высокую скорость полета, но не маневренность. Такой стиль полета эффективен при сезонных миграциях, но от пикирующего сокола он птицу не спасет.

Воротничковый рябчик

Коротким, широким, закругленным крыльям рябчика свойственны малое удлинение и большая нагрузка на крыло. В результате птица может резко взлетать с земли, спасаясь от хищников, но плохо приспособлена к перелетам на большие расстояния.

Странствующий альбатрос

Альбатрос — непревзойденный морской планерист: его заостренные крылья имеют большое удлинение и промежуточную величину нагрузки на крыло. Альбатросы — ближайшие родственники пелагорнитидов из ныне живущих птиц.

Черный стриж

Стрижи чаще летают на большой высоте и главным образом над сушей, чередуя порхающий полет с парением. По форме их крылья сильно напоминают крылья альбатросов.

В последующие десятилетия охотники за ископаемыми открыли еще несколько видов пелагорнитидов, в том числе *Pelagornis orri* из Калифорнии и *Pelagornis chilensis* из Чили. Хотя большинство этих ранних находок имели крайне фрагментарный характер, частично сохранившиеся скелеты новых видов птиц позволили ученым составить более цельное и подробное представление о строении пернатых и формах активности, к которым они были адаптированы.

Вырисовывавшаяся картина бросала вызов самому смелому воображению. Длинный перечень необычных признаков пелагорнитидов возглавляли сомкнутые ряды зубовидных структур, унизывавших их верхнюю и нижнюю челюсти (над- и подклювье). Птицы потеряли способность к образованию зубов более 65 млн лет назад, но пелагорнитиды пережили эволюцию. В отличие от настоящих зубов, которые состоят из эмали и известковой ткани, денти-

на, и сидят в ячейках кости, так называемые ложные зубы пелагорнитидов представляют собой полые выросты кости. У наиболее хорошо известных видов ложные зубы располагались упорядоченными повторяющимися группами, состоявшими из выростов определенных размеров. По бокам каждого выроста средних размеров сидела пара коротких, тонких, игловидных ложных зубов, а эти «триплеты», в свою очередь, сидели по бокам самого высокого конусовидного псевдозуба. У живых птиц такие костные выросты, по-видимому, покрывал тонкий слой того же вещества, которым покрыт клюв современных пернатых. Приоткрытый клюв пелагорнитидов демонстрировал грозный оскал острых неровных шипов, предназначенных для ловли и удержания жертв.

Своей охотничьей мощью пелагорнитиды были обязаны и ряду других необычных особенностей. Их череп обладал невероятной гибкостью. В его средней части, там, где надклювье соединялось с черепной коробкой, находился крепкий сустав, позволявший птицам сгибать клюв. Кроме того, правая и левая половины подклювья соединялись друг с другом не тяжелой костью, а легкой эластичной связкой. В совокупности такие особенности, похоже, обеспечивали значительную подвижность клюва, связанную, возможно, с охотой на крупную добычу.

Кости туловища и конечностей пелагорнитидов также отличаются от костей других пернатых. Кости крыльев настолько сильно уплощены, что некоторые палеонтологи, реконструируя скелет пелагорнитидов, не раз располагали одну из них (плечевую кость) вверх тормашками. Хотя полые кости,

значительно облегчающие вес скелета, характерны для всех птиц, у пелагорнитидов такая особенность доведена до крайности. Все кости их крыльев отличаются невероятно тонкой стенкой. А это значит, что при минимальном весе костей птицы умудрились сохранить необходимую для полета жесткость, — для гигантских летающих животных данное обстоятельство имеет критическое значение. Но легкость костей имеет и большой недостаток: неожиданное столкновение с препятствием чревато гибелью животного, потому что такие кости крайне хрупки и легко ломаются. Перелом хотя бы одной из них заставит птицу опуститься на землю и лишит ее возможности кормиться. Пожалуй, самая «нормальная» часть тела пелагорнитидов — кости ног (по крайней мере, их форма). Но по сравнению с огромными костями крыльев эти косточки выглядят просто комично. Тем не менее толщина и самих костей, и их стенок делали их достаточно крепкими и прочными. Как

и многие современные морские птицы, по суше пелагорнитиды перемещались довольно неуклюже. Но все, что им было нужно при этом, — сделать быстрый короткий разбег, оттолкнуться от земли и поднять свое громадное тело в воздух.

Казалось невероятным, что такие огромные окаменелости вообще могли принадлежать птицам

и многие современные морские птицы, по суше пелагорнитиды перемещались довольно неуклюже. Но все, что им было нужно при этом, — сделать быстрый короткий разбег, оттолкнуться от земли и поднять свое громадное тело в воздух.

Пернатый рекордсмен

К тому времени, когда в 2014 г. был окончательно описан *P. sandersi*, ученые уже поняли, что пелагорнитиды были весьма необычными птицами. Но *P. sandersi* выделялся даже из этой компании. Длина его плечевой кости достигала почти 1 м — на треть больше, чем у первого пелагорнитиды, открытого Ларте, и даже больше, чем вся рука среднестатистического человека. Казалось невероятным, что такие огромные кости вообще могли принадлежать птицам. В самом деле, как считают некоторые исследователи, теоретически предельный размах крыльев у морских птиц, обладающих планирующим (парящим) полетом, составляет 5,1 м: если он больше, птица становится слишком тяжелой для полета. Но кости конечностей, найденные близ Чарлстонского аэропорта, несомненно представляют собой кости птичьего крыла и ноги, которые, судя по их вафельно-тонким стенкам, явно нуждались в пропитке неким химическим отвердителем, который смог бы предотвратить их разрушение от толчков и вибраций. Кроме того, вместе с ними был найден и череп с ложными зубами — уникальным «брендом» пелагорнитидов.

Превосходная сохранность скелетных элементов, дополненная результатами изучения других образцов пелагорнитидов, позволяет сделать детальную реконструкцию *P. sandersi*. При жизни

расстояние между кончиками оперенных крыльев этой птицы должно было составлять от 6,06 до 7,38 м — самый большой размах крыльев из всех известных науке видов пернатых, как ныне живущих, так и вымерших. Он более чем в два раза превосходит средний размах крыльев странствующего альбатроса — самой крупной из современных летающих птиц. Учитывая округлость костей ног, несущих массу всего тела, можно предположить, что *P. sandersi* весил где-то между 21,9 и 40,1 кг, то есть столько же, сколько золотистый ретривер. Но хотя это существо и было массивнее современных крылатых животных, благодаря маленькому туловищу и ультралегкому скелету оно выглядело изящным и грациозным.

Современные птицы демонстрируют самые разнообразные стили полета — от зависания в воздухе на месте (колибри) до парения с редкими взмахами крыльев (чайки). Невероятная длина крыльев *P. sandersi* и других пелагорнитидов сразу же наводила на мысль, что главным способом их полета было парение, когда птица не взмахивает крыльями, чтобы создать удерживающую ее в воздухе подъемную силу, а держит их распростертыми, чтобы использовать энергию ветра или восходящих воздушных потоков. Но современные парящие пернатые используют несколько различных стратегий, подолгу оставаясь в воздухе, и чтобы определить, к какой из них прибегали пелагорнитиды, требуется более глубокий анализ.

Отношение массы тела птицы к площади несущей поверхности крыла называется нагрузкой на крыло. Для таких птиц с широкими крыльями, как кондоры и грифы, характерны низкие значения этого показателя, то есть во время полета каждому квадратному сантиметру крыла нужно поддерживать меньше граммов веса, чем у птиц, обладающих сравнимой массой тела, но менее широкими крыльями. Кроме того, у таких птиц между маховыми перьями на концах крыльев имеются широкие щели; растопыривая перья, птицы уменьшают сопротивление воздуха. Сочетание этих двух факторов — низкой нагрузки на крылья и «разрезанности» их верхушек — и позволяет пернатым парить в поднимающихся от земли потоках теплого воздуха. Благодаря сравнительно коротким крыльям они ловко маневрируют среди встречающихся на их пути препятствий (скалы, деревья и т.д.).

Фрегаты путешествуют в восходящих потоках теплого воздуха, формирующихся над поверхностью океана, а не суши, используя иной стиль парения. Для них характерны более узкие крылья с заостренными кончиками без «разрезов», легкое телосложение и чрезвычайно низкая нагрузка на крыло. Такие особенности позволяют фрегатам преодолевать по воздуху огромные расстояния, паря высоко в небе, а также резко пикировать к поверхности моря, чтобы схватить добычу.

Для альбатросов характерен несколько иной стиль парения. Эти птицы также имеют очень длинные, узкие и заостренные на концах крылья, но они массивнее фрегатов и нагрузка на их крылья больше. Значит, для полета им нужна энергия сильных, быстрых ветров. Альбатросы летают, используя разницу в скорости ветра на разной высоте от поверхности моря. Птицы при этом периодически взмывают вверх и опускаются вниз: в более быстрых верхних слоях воздуха они набирают горизонтальную скорость, а в медленных нижних слоях — вертикальную. Такой тип парения называется динамическим. В 2004 г. ученые наблюдали за полетом альбатроса, оснащенного отслеживающим устройством, который провел в воздухе девять часов подряд, двигаясь со средней скоростью 127 км/час — рекордная скорость длительного парения среди ныне живущих животных. Альбатрос парил в ветрах антарктического шторма.

Анатомические особенности пелагорнитидов, выявленные в результате тщательного анализа их останков, заставляют предполагать, что они практиковали тип парения, не отмечающийся ни у одних ныне существующих пернатых. Их крылья были узкими, но благодаря огромной длине имели значительную площадь. Иными словами, эволюция одарила их двумя преимуществами: благодаря общим крупным размерам они могли прибегать к динамическому парению при сильных ветрах, а благодаря большой площади крыльев и их большому удлинению (отношению длины к ширине) — преодолевать без остановок тысячи километров над океанами. Самый крупный пелагорнитид мог бы осилить такие расстояния довольно быстро: мы рассчитали, что оптимально эффективная скорость полета этих гигантов должна была превышать 40 км/час — это больше, чем скорость, которую развил Усэйн Болт, устанавливая мировой рекорд в беге на 100 м (37,6 км/час). Кроме того, *P. sandersi* был способен подолгу летать в таком темпе, не затрачивая особых усилий: набрав высоту в 45 м, птица могла преодолеть по воздуху более 1 км без единого взмаха крыльями или какой-либо помощи ветра.

Несмотря на то что, похоже, большую часть времени *P. sandersi* проводил в воздухе, иногда он должен был опускаться на землю (например, для гнездования), а затем вновь подниматься. В начале крошечные ноги пелагорнитидов заставили некоторых ученых сомневаться в способности столь крупных птиц эффективно совершать взлет. Но с открытием более полных скелетов (в том числе скелетов *P. chilensis* и *P. sandersi*) стало очевидным, что задние конечности этих гигантов были вполне соразмерны довольно компактному туловищу. Количественный анализ механики взлета громадных пелагорнитидов, результаты которого были представлены Майклом Хабибом на первой

международной палеонтологической конференции, показал, что форма и расположение коротких, но крепких ног пелагорниса были отлично приспособлены к спринтерским пробежкам перед взлетом — особенно по поверхности воды (лапы пелагорниса, скорее всего, были перепончатыми). Кроме того, кости ног обладали достаточной прочностью для поддержки значительной мышечной массы и вполне могли выдержать возникающую при взлете нагрузку. Таким образом, морфологические особенности ног указывают на то, что взлет с поверхности воды не составлял для *P. sandersi* никакого труда, хотя по суше передвигаться ему, вероятно, было тяжело.

Вакантная ниша

Открытие *P. sandersi* — титана среди существ, которые и без того считались исключительно крупными птицами, — породило вполне закономерный вопрос: почему летающие пернатые достигли таких огромных размеров? Гигантизм в биологии — далеко не всегда преимущество. Крупным животным нужно больше еды, чем мелким, им требуются более обширные территории для гнездования, а их популяции, как правило, меньше, чем у видов со скромными размерами тела. Но, несмотря на все отрицательные моменты, на протяжении земной истории существовало множество эволюционно успешных линий гигантских летунов. По сути дела, отсутствие таких животных в наши дни — скорее исключение, чем правило: огромные летающие существа затмевали небеса в течение большей части последних 120 млн лет.

Оказывается, что крупные размеры имеют и свои преимущества. Во-первых, они повышают эффективность далеких перелетов, поскольку на преодоление единицы расстояния крупным летунам требуется меньше энергии, чем мелким. Во-вторых, крупные животные способны ловить (или отнимать) такую добычу, какую мелким существам одолеть не по силам. Кроме того, крупные летающие существа меньше рискуют стать жертвой хищников — поднявшись в воздух, они становятся почти неуязвимыми.

Многие миллионы лет в небе над сушей и морем господствовали крылатые рептилии птерозавры. Виды, жившие над океанами, кормились беспозвоночными и рыбой и были хорошо приспособлены к далеким морским путешествиям. В эволюционном плане птерозавры процветали, но обрушившийся на Землю астероид уничтожил их вместе с динозаврами. В результате экологические ниши, которые занимали птерозавры, освободились. Одну из них заняли громадные пернатые «планеристы».

По-видимому, пелагорнитиды начали делать это примерно через 10 млн лет после вымирания птерозавров. Их окаменелости встречаются почти

только в океанических осадочных породах; это указывает на то, что основу их пищевого рациона составляли морские существа. Поскольку их ложные зубы особой прочностью не отличались, некоторые палеонтологи предполагают, что их главной добычей были кальмары, угри и прочие животные с мягким телом, плавающие у поверхности моря. Вполне возможно, что пелагорнитиды — крупнейшие птицы своей экосистемы — атаковали в воздухе более мелких пернатых и отнимали у них добычу, как это делают современные поморники и фрегаты. Не исключено, что, подобно современным гигантским буревестникам, поморникам и некоторым пеликанам, они опустошали гнезда других птиц и кормились их птенцами.

Пелагорнитиды парили над древними морями планеты более 50 млн лет, а затем примерно 3 млн лет назад, в плиоценовую эпоху, внезапно исчезли. Причины их вымирания остаются загадкой и по сей день. Возможно, это было связано с образованием Панамского перешейка, закрывшего сообщение между Тихим и Атлантическим океанами и вызвавшего радикальное изменение конфигурации морских течений. Но трудно вообразить, чтобы даже такое событие могло привести к исчезновению пернатого рода, сумевшего пережить множество предшествующих изменений климата, мирового океана и планетарной фауны.

Вероятно, вымирание пелагорнитидов отчасти было связано с их пищевой сверхспециализацией. Не исключено, что на ранних этапах радиации из этой группы птиц возникло несколько «мелких» видов размерами с современных альбатросов. Со временем небольшие формы вымерли, и на протяжении последней половины своей истории пелагорнитиды были представлены лишь гигантскими видами. Возможно, эти великаны в большей степени, чем мелкие морские птицы, полагались на специализированные стратегии кормежки и глобальные воздушные течения — и в конце концов пали жертвами собственного эволюционного успеха. ■

Перевод: В.В. Свечников

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Дайк Г. Крылатая победа // ВМН, № 8–9, 2010.
- Constraining the Air Giants: Limits on Size in Flying Animals as an Example of Constraint-Based Biomechanical Theories of Form. Michael Habib in *Biological Theory*, Vol. 8, No. 3, pages 245–252; September 2013.
- Flight Performance of the Largest Volant Bird. Daniel T. Ksepka in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 111, No. 29, pages 10,624–10,629; July 22, 2014.
- Видеокадр о том, как художник Джеймс Гэрни рисовал *Pelagornis sandersi*, см. по адресу: ScientificAmerican.com/apr2016/birds