



До недавних пор ранняя эволюция птиц являла собой едва ли не самую темную страницу летописи ископаемых существ. И хотя последние палеонтологические открытия многое прояснили, прочесть ее полностью не удастся. Известно лишь то, что птицы произошли от рептилий. Но от каких именно? Прямые предки современных птиц так и не найдены, а оперение и способность к полету неоднократно возникали у разных животных мезозойской эры. Гипотетических предков — хоть отбавляй: среди них числятся псевдозухии, орнитозухии, птерозавры, динозавры и даже крокодилы. А вот археоптерикса, знакомого каждому по картинке в школьном учебнике, из этого списка приходится вычеркнуть.



ЕВГЕНИЙ КУРОЧКИН, доктор биологических наук

# Прародители царства



Лесные обитатели китайской провинции Ляонин 130 миллионов лет назад. На переднем плане парит маленький четырехкрылый динозавр — микрораптор гуи. Летящие справа катайорнисы тоже птицами не считаются. А вот слева на ветке сидит конфуциусорнис, представляющий одну из близких к птицам эволюционных линий. Очевидно, что освоить воздушную среду в меловом периоде пытались различные группы пернатых животных.

# пернатых

ИЛЛЮСТРАЦИЯ: СЕРГЕЙ КОЗЛОВ

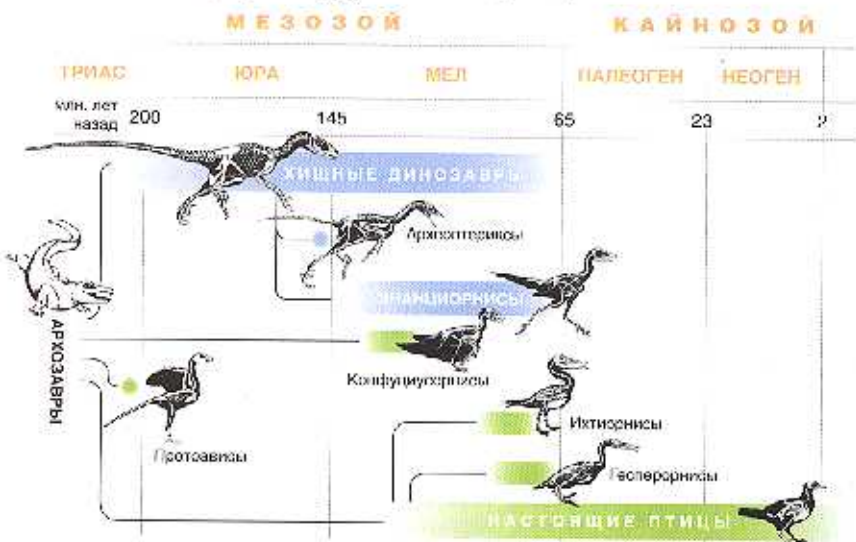
**П**тицы наряду с насекомыми — главные обитатели воздушных пространств Земли. Подняться в небо и управлять своими движениями в полете им позволяют несколько приспособлений. Во-первых, особый скелет. Сложно устроенное крыло способно удерживать всю тяжесть тела в воздухе. Его маховые движения зависят от строения плечевого пояса, образованного лопаткой, коракоидом, грудной и сросшимися в вилочку ключицами. Там, к примеру, есть трехкостное отверстие, через которое проходит сухожильная мышца, поднимающая крыло вверх после его опускания. Чтобы удерживать перья хвоста, служащие в полете рулем, конец позвоночника образовал короткую и широкую кость — пигостиль. Во-вторых, помогает летать птицам и оперение. Управляемость в полете обеспечивают вполне определенные перья: маховые и рулевые. Но есть также перья, назначение которых в другом: они создают обтекаемую форму тела пернатых как при полете, так и при нырянии, служат теплозащитным покровом и, будучи ярко окрашены, помогают в общении между сородичами.

Помимо птиц среди позвоночных в настоящее время умрут летать только летучие мыши и крыланы. Однако у них принципиально другое строение крыла и нет перьев, отчего их полет непохож на птичий. В прошлом же разнообразие летающих и оперенных существ было чрезвычайно велико. Помимо давно известных птерозавров и археоптериксов палеонтологи обнаружили большое количество необычных видов, о существовании которых даже не подозревали. Похоже, животный мир не испытывал недостатка в желающих покорять небо.

Существуют две основные гипотезы обретения животными машущего полета: от более быстрого бега по земле или от прыжков и планирования с каких-то возвышенных мест — деревьев, поднятий в горах. Последняя гипотеза получила косвенные подтверждения после находок в Китае, в провинции Ляонин, разнообразных оперенных динозавров. Сейчас большинство ученых считают, что летающие виды вышли из среды обитавших в лесу, вероятно, каких-то совсем мелких, не больше голубя, видов рептилий и птиц. Их потомки быстро прошли примитивную стадию — планирование с возвышенных мест — и научились летать по настоящему. Сколько на все это ушло времени, сколько видов сменилось до обретения птицей полета? Никто не скажет, так как пайдепные палеонтологам летающие существа могли быть не первыми, и самое начало эволюции пернатых по-прежнему от нас скрыто.

Долгое время считали, что оперение птиц — это видоизмененная миллионами лет эволюции чешуя рептилий. Однако результаты новейших исследований заставляют в этом сомневаться. И оперение, и чешуя, как, впрочем, все покровные образования у позвоночных животных, зарождаются из клеток паружного слоя кожи — эпидермиса. Чешуя рептилий состоит из так называемого альфа кератина — белка с короткими пептидными цепями. Она образуется из выступающих участ- ▶

Две ветви оперенных существ отделились более двухсот миллионов лет назад от большой группы рептилий, куда входили текодонты, предки динозавров, крокодилов и летающих ящеров. Предположительно, одна ветвь привела к появлению энанциорнисов, другая — настоящих птиц



ков одного наружного слоя эпидермиса. При развитии пера у птиц сначала также появляется бугорок эпидермиса, но формируется он не одним, а двумя его наружными слоями. Затем этот бугорок погружается внутрь кожи, образуя подобие мешочка — фолликулу, из которой и вырастает перо. Причем материал для пера немного другой — бета-кератин, составленный длинными пептидными цепями, а значит, более эластичный и крепкий, способный поддерживать перьевые пластинки. Альфа-кератин у птиц также присутствует, он идет на образование покрова клюва, ногтей и чешуи на цевках. Кроме того, перо птиц имеет трубчатое строение, а чешуя рептилий сплошная. По всей видимости, перо — это эволюционная новация, со временем доказавшая свою полезность.

Оперение, которое легко приобретает различную форму и окраску, открыло перед пернатыми почти неограниченные возможности к различным видам полета, развитию сигнальных и опознавательных структур, освоению многих экологических ниш. Именно оперение помогло птицам достичь того огромного разнообразия, которое мы сейчас наблюдаем. Почти десять тысяч видов — это больше, чем все остальные наземные позвоночные.

## В ПТИЦАХ НЕ ЗНАЧИТСЯ

На протяжении без малого 150 лет, с момента первой находки, археоптерикс считался прародителем современных пернатых. Фактически, кроме знаний об этом существе, никаких других данных о происхождении птиц у ученых долгое время не было. Казалось бы, такие признаки, как оперение и крылья, несомненно говорили о том, что археоптерикс — древнейшая птица. С другой стороны, по строению черепа, позвоночника и других частей скелета он был схож с хищными динозаврами. Эти наблюдения породили гипотезу о возникновении птиц от древних ящеров, ставшую сейчас особенно популярной.

Как часто случается в науке, одновременно нашла поддержку и альтернативная гипотеза. Давно высказываемые сомнения насчет прямо-

Основой для данной иллюстрации послужили отпечатки оперения динозавров, найденные в Китае. Их возраст 130—120 миллионов лет. Возникшие у некоторых древних рептилий пуховые образования со временем изменялись, принимая разнообразные формы. Эти формы могли одновременно существовать у динозавров и древних птиц



го родства археоптериксов и птиц (слишком разнятся они анатомически) превратились в убежденность, поскольку с начала 1980-х годов палеонтологи нашли и оперенных динозавров, и древнейших птиц, и их близких родственников. Нашли и новые скелеты археоптериксов. Сегодня их известно десять, все — верхнеюрского возраста (145 миллионов лет назад) с реки Альтмюль в Баварии. Последний экземпляр, который сохранился лучше остальных, описанный в конце 2005 года, окончательно убеждает, что археоптерикс происходит от хищных динозавров, но к современным птицам отношения не имеет. Он — нечто другое: не динозавр, но и не птица. Пришлось поискать другую кандидата на роль предка пернатых.

### ПУХОВИК ДЛЯ ДИНОЗАВРА

О существовании оперенных динозавров догадывались давно, но подтверждений тому не было. Они появились в 1990-х годах на территории Китая, в провинции Ляонин. Там палеонтологи обнаружили целое кладбище лесной флоры и фауны возрастом 130–120 миллионов лет. Что делает событие уникальным, так это вскрытая раскопками природная зона. Обычно для изучения доступны морские или околоводные сообщества животных и растений из лучших условий захоронения. Лесные, степные или горные обитатели прошлого чаще всего не сохраняются в ископаемом состоянии, потому что быстро перерабатываются бактериями в прах. А тут — мгновенный снимок из жизни леса середины мелового периода, зафиксированный вулканическим пеплом.

Первый же обнаруженный скелет ящера с похожими на пух короткими бороздками по контуру всего тела (динозавроптерикс (*Sinosauropteryx prima*) вызвал многочисленные споры: не все были согласны, что маленькие бороздки на окаменелой глине остались от пуха. Затем откопали другое существо, у которого уже, без сомнения, на хвосте и передних лапах сохранились отпечатки перьев. За сходство с археоптериксом ему присвоили имя протархеоптерикс (*Protarchaeopteryx robusta*). На конечностях другого динозавра — каудиптерикса (*Caudipteryx zoui*) — перья росли еще гуще, а туловище покрывал пух.

Теперь описано больше десятка ящеров, оперенных удивительно разнообразно: от короткого пуха до постоянных асимметричных перьев на конечностях, свидетельствующих о способности к полету. Кроме того, в скелете этих хищных динозавров обнаружались некоторые характерные только для птиц признаки: выточка, крючковидные отростки на ребрах, пигостиль. Но все же это были не птицы, а небольшие хищники, которые передвигались в основном бегом. С длинными хвостами, зубастые, покрытые чешуйчатой кожей, с укороченными передними лапами и длинными когтистыми пальцами. Судя по строению скелета, в массе своей по-настоящему летать, то есть махать крыльями, они не могли. Известен лишь один вид, поднявшийся на ступеньку выше. Это микроптеригор гуи (*Micropteryx gui*) — интереснейший экземпляр маленького дромозавра, пайденный там же, в Ляонине. Весь в мелком оперении, с хохолком на голове.



### ПОД ТЕРМОПОКРОВОМ

Если большинство оперенных динозавров не умели летать, зачем им понадобились пух или перья? Ясно, что не для полета. Во всяком случае, не сразу для полета. Возможно, разнообразные пуховые образования возникли у хищных ящеров как термоизоляционный покров, на что указывают данные палеоклимата. В середине и конце триасового периода (230–210 миллионов лет назад), когда появились первые динозавры, на Земле случилось похолодание. По окраинам огромного материка Пангеи, единственного в то время, появились широтные климатические зоны с прохладным влажным климатом. Обитавшие там животные приспособились к холоду, в том числе с помощью оперения. Напротив, центр Пангеи занимали сухие и пустынные области с высоким уровнем солнечной радиации, так как облачность в тех краях бывала редко. Для защиты от излучения рептилиям опять жегодились пух и перья. Со временем перышки на концах передних конечностей, на хвосте и на голове могли превратиться в удлиненные перья, служившие украшениями или опознавательными признаками. Они-то и стали основой для появления летательных перьев у некоторых динозавров. Сходным образом оперение могли приобрести и другие рептилии, среди которых оказались далекие предки птиц.

Его передние лапы покрывали асимметричные (с узкими наружными и широкими внутренними опахалами) маховые перья в точности, как у птиц. Задние лапы тоже были в летательных перьях, более длинных на плечевом и укороченных на голени. Получается не что иное, как четырехкрылый пернатый динозавр, который мог перелетать с дерева на дерево. Летун из него, впрочем, получался неважный. В отсутствие бинокулярного зрения (когда поле зрения обоих глаз перекрывается) микроптеригор не мог точно нацеливаться на место посадки и опускался на деревья, видимо, довольно неловко.

Казалось бы, можно предположить, что птицы произошли от паривших среди деревьев хитрых динозавров. Однако сделать это не позволяют слишком существенные анатомические различия между ними. Так что не стоит спешить и записывать оперенных динозавров в предки птиц.

### СОСТОЯВШИЕСЯ КОНКУРЕНТЫ

Бок о бок с оперенными динозаврами обитали энанциорнисы, что по-гречески означает «противоптицы» — существа особенно важные для понимания эволюции пернатых. Судя по находкам, это была самая многочисленная и разнообразная группа летунов, обитавших в меловом периоде.

Внешне энанциорнисы сильно напоминали современных птиц. Среди них встречались мелкие и крупные виды, беззубые и зубастые, бегущие, водоплавающие, древесные, ▶

Так мог выглядеть археоптерикс — пернатое существо размером с ворону, потомок первых оперенных динозавров

Каудиптерикс — оперенный динозавр, обитавший на территории Китая в меловом периоде





Яйцо энантиорниса найдено в пустыне Гоби. Его возраст 70 миллионов лет



Скелет эмбриона. Именно по нему установили близость энантиорнисов к динозаврам

Энантиорнис *Nanantius valifanovi* Kurochkin. Описан российскими палеонтологами в 1996 году. Он и ему подобные обитали в меловом периоде почти всюду на Земле. Энантиорнисы прекрасно летали и долгое время существовали вместе с динозаврами и древними пернатыми

и, главное, — они все прекрасно летали. В скелете оказалось тоже много знакомого: те же кости крыла, туловища и задних конечностей. Только кое-что иначе сочленяется в лопатке, кое-что — в пятке, голени и позвоночнике. Мелкие на первый взгляд различия. А в итоге — другая система поднимания крыла и работа ног. Большинство настоящих птиц могут вертеть лапами в разных направлениях: завернуть внутрь, вывернуть наружу. Хищникам, орлам и соколам, это помогает ловко схватывать и удерживать жертву. Ноги же энантиорнисов (многие из которых, кстати, тоже были хищниками) устроены иначе, из-за чего они ходили по земле, скорее, неуклюже переваливаясь с боку на бок, как гуси. Все это сильно отделяет энантиорнисов от настоящих птиц. Получается, что их внешняя схожесть — формальна. Как хвост водных ящеров ихтиозавров похож на хвост рыб, так лапы и крылья энантиорнисов похожи на лапы и крылья настоящих птиц.

Многие анатомические особенности роднят энантиорнисов с хищными динозаврами. Это подтверждают и находки в Монголии эмбрионов внутри ископаемых яиц. Оказалось,

что кости скелета окончательно формировались у этих примитивных пернатых очень рано. Суставы у невылупившихся птенцов уже были костные, как у динозавров, а не хрящевые. У птенцов же современных птиц суставы долго остаются хрящевыми и только через несколько месяцев замещаются растущей костью. К тому же на поперечных срезах костей энантиорнисов видны линии задержек роста, подобные годичным кольцам на стволах деревьев. Это говорит о том, что кости у них не вырастали за один сезон до окончательных размеров, а формировались циклами на протяжении нескольких лет, замедляясь в холодные сезоны года. Значит, противоптицы не могли поддерживать температуру тела на постоянном уровне — так же как и рептилии. По всей видимости, именно хищные динозавры были предками энантиорнисов. Примерно 67 миллионов лет назад те и другие вымерли, не оставив после себя потомков.

### ПРЕДОК, КОТОРОГО МОЖЕТ И НЕ БЫТЬ

Долгое время считалось, что настоящие птицы, или, как их еще называют, веерохвостые, появились в начале кайнозойской эры, то есть не ранее 65 миллионов лет назад. И вдруг появились находки возрастом 100, 130 миллионов лет с территории США, Монголии и Китая. Определения возраста сначала даже не поверили, но последующие работы подтвердили — да, во времена динозавров и энантиорнисов веерохвостые пернатые уже водились. Выглядели они совсем как современные и достигли даже некоторого разнообразия. Откуда же они взялись, если рассмотренные выше оперенные и летающие существа не годятся им в прародители? Сейчас существует лишь одно предположение.

В 1991 году американский палеонтолог Шалкар Чаттерджи описал найденное им в штате Техас необычное существо, во многом схожее с птицами. Его возраст — 225 миллионов лет, что на 80 миллионов древнее возраста археоптерикса. Существо назвали протоависом техасским (*Protoavis texensis*) — «протоптицей», и не без оснований. Его объемистый череп вмещал довольно большой мозг с полушариями и мозжечком, такого в позднетриасовое время, когда он жил, не было у других позвоночных. Судя по строению черепа, протоавис обладал бинокулярным зрением и широко расставленными крупными глазами, что говорит о его способности ловко охотиться и хорошо ориентироваться в окружающем мире, как это свойственно птицам. В скелете протоависа вообще много сходных с веерохвостыми птицами черт, но пропорции тела, короткие и мощные конечности, положение центра тяжести указывают на то, что он не мог летать. И оперения у него, видимо, не было. Несмотря на это, протоавис больше похож на настоящую птицу, нежели археоптерикс, и на сей момент именно протоависа можно считать наиболее близким предком современных птиц. Если это так, то их эволюцию следует вести не от динозавров, а от более древних рептилий, объединяемых в группу архозавров.

Находка протоависа позволила найти ответ еще на один вопрос: чем же все-таки отличаются





ся птицы от динозавров? Поскольку птицы затрачивают на полет огромное количество энергии, уровень обмена веществ у них значительно выше, чем у рептилий. У птиц расход кислорода при обмене веществ в расчете на один килограмм веса в 3-4 раза превышает этот же показатель у рептилий. Раз скорость обмена высока, следовательно, и шлаки из организма должны выводиться быстро. Для этого нужны большие мощные почки. У современных птиц в тазовых костях есть три глубокие впадины, в которых и размещаются эти крупные почки. Такие же впадины для почек имеются и в тазовых костях протоависа. Очевидно, его организм отличался высоким уровнем обмена веществ, несвойственным рептилиям.

Все бы хорошо, но реконструкция протоависа многими палеонтологам не внушает доверия. Его останки залежали попеременно с костями других пресмыкающихся, в таких условиях немудрено перепутать и посчитать за единое существо части двух или даже нескольких разных животных. В общем, для окончательных выводов следует подождать других находок, а современные птицы пока останутся без прямых предков.

Впрочем, как и древние птицы без прямых потомков. Потому что проследить эволюцию птиц последовательно от начала до конца не удастся. Пробелов еще предостаточно. В частности, не найдены промежуточные звенья между древними веерохвостыми, у которых еще сохранялись черты рептилий — растущие из альвеол зубы, брюшные ребра и длинный ряд позвонков в хвосте, — и современными группами птиц. Внезапно, как будто ниоткуда, в конце мезозойской эры появились древние гуси, гагары, альбатросы, бакланы и другие водные птицы.

#### НА ПРАВАХ ГИПОТЕЗЫ

Итак, мы увидели ряд удивительных оперенных существ, обитавших на Земле по крайней мере в конце мезозоя, на отрезке 145-65 мил-

лионов лет назад. В то время мир был полон животными, стремящимися освоить воздушное пространство. Помимо вседесущих энанциорнисов в морях Северной Америки водились зубастые, похожие на олуш, ихтиорнисы. Гесперорнисы обитали в позднемеловое время в морях древней Евразии. В Европе ходили гаргантюависы — непонятного родства птицы размером с пингвина. В лесах Монголии и Китая обитали древешные амбиортусы, ляонингорнисы и оперенные динозавры. И еще много попадаетея одиночных форм, чье положение на эволюционном древе пернатых установить сложно. Четко прослеживаются лишь две ветви: от протоависов к веерохвостым птицам и от оперенных динозавров к археоптериксам и далее энанциорнисам.

Известен ряд ископаемых форм, которые не продвинулись дальше планирования. В то время как настоящий машущий полет удался только птерозаврам (мы здесь их не обсуждаем, так как они совсем не имеют отношения к птицам), микрорапторам гуи, энанциорнисам и настоящим веерохвостым птицам. Все они были успешны в освоении воздушной среды. Птерозавры царили в воздухе на протяжении 160 миллионов лет. И тех и других превзошли, вероятно, в конкурентной борьбе веерохвостые птицы, широко расселившиеся по планете в последние 65 миллионов лет.

За прошедшие пару десятков лет палеонтологи показали, что параллельная эволюция широко распространенный путь среди живых существ. Было несколько попыток среди беспозвоночных стать членистоногими, среди древних рыб выйти на сушу и стать амфибиями, среди рептилий — стать млекопитающими, среди растений — приобрести цветковость и стать покрытосеменными. Но обычно лишь одна-две из них оказывались успешными в дальнейшем. ●

**Экспозиция оперенных существ, раскопанных в провинции Ляонин. Тело синорнитозавра покрыто мелким пухом и перьями. Этот динозавр обитал в лесах на территории Китая и мог планировать с дерева на дерево благодаря похожему на крылья передним лапам**



Фотомикр. А.С. Павлов

**Отпечаток, сохранивший естественный рисунок пера птицы. Возраст около 130 миллионов лет, Байса, Забайкалье**