

АРКТИЧЕСКИЕ ДИНОЗАВРЫ: ОСЕДЛЫЕ ОБИТАТЕЛИ ИЛИ КОЧЕВНИКИ?

Доктор геолого-минералогических наук
Алексей ГЕРМАН,
Геологический институт РАН

**В каких природных условиях жили динозавры?
Многочисленные находки этих рептилий известны из районов,
где в мезозойскую эру (251–65 млн лет назад)
существовал тропический или субтропический климат
со слабо выраженной сезонностью.
Поэтому открытие местонахождений их остатков
в арктических широтах — на Чукотке и Аляске — вызвало
неподдельный к ним интерес палеонтологов
и появление гипотез о том, как такое оказалось возможным.**

ЗАГАДКИ МЕЛОВОГО ПЕРИОДА

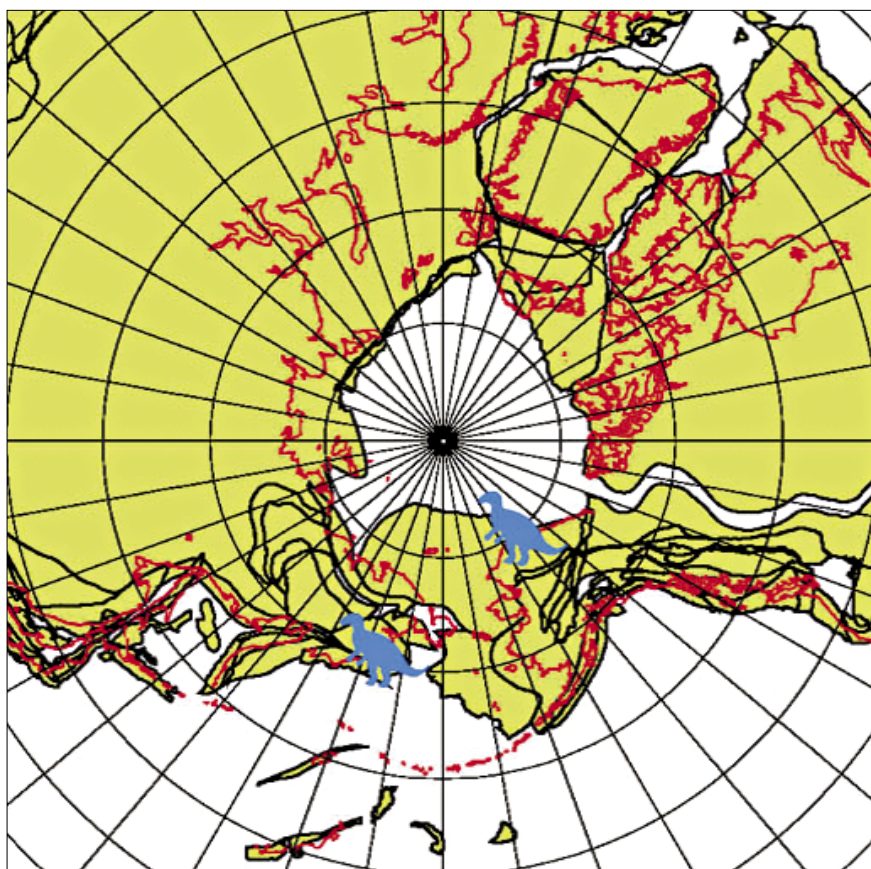
В 1961 г. американский геолог Роберт Лискомб обнаружил на севере Аляски (70° с.ш.) множество костей, первоначально принятых им за остатки не очень древних кайнозойских* млекопитающих. И лишь в середине 1980-х годов исключительное значение этих находок стало очевидно: они оказались костями динозавров, обитавших в Арктике очень давно, в конце мелового периода**! Позднее поиски в том же районе продолжили американские палеонтологи Энтони Фиорилло, Роланд Ганглофф и их коллеги, за несколько лет собравшие тысячи костных остатков. Эти работы вызвали споры об экологии обнаруженных животных: были ли они постоянными обитателями Арктики

*Кайнозойская эра — период геологической истории, начавшийся примерно 65 млн лет назад и длящийся по настоящее время (прим. ред.).

**Меловый период — самый поздний период мезозойской эры; начался 132–137 млн лет назад, продолжительность 66 млн лет (прим. ред.).

или зимой мигрировали на юг? чем питались? как и с какой скоростью могли передвигаться?

К настоящему времени в местонахождении, расположенном в нижнем течении реки Колвилл в урочище Оушен Пойнт, получившем название «карьер Лискомба» по имени его первооткрывателя, найдены остатки хрящевых и костистых рыб, птиц *Hesperornis*, многобугорчатых, сумчатых и плацентарных млекопитающих, а из динозавров — мелких и крупных теропод (хищников из родов *Dromaeosaurus*, *Saurornitholestes*, *Troodon* и тираннозаврид, близких к роду *Albertosaurus*), растительноядных пахицефалозавров (род *Pachycephalosaurus*), цератопсид (род *Pachyrhinosaurus*) и гадрозаврид, или утконосых динозавров (рептилий из рода *Edmontosaurus*, достигавших 10 м в длину). Кости последних преобладают, причем принадлежали они, как правило, молодым особям. По современным данным слои с перечисленными находками образовались в кампанский (70,6–83,5 млн лет назад) и маастрихт-



Распределение суши и морских бассейнов в Арктике в конце мелового периода (68 млн лет назад, полярная проекция). Очертания современной береговой линии показаны красным. Фигурки динозавров обозначают их местонахождения: правая — на северной Аляске, левая — на Чукотке.

ский (65,5–70,6 млн лет назад) века в конце мелового периода, т.е. примерно 68–75 млн лет назад.

В других местонахождениях северной Аляски, датируемых тем же периодом, также обнаружены кости и зубы динозавров, отпечатки их шкур и следы лап. Однако только карьер Лискомба так богат ископаемым материалом, хотя расположен севернее всех остальных: по современным реконструкциям — на 80–82° с.ш.

Богатое местонахождение остатков динозавров известно и в другой части света — на крайнем северо-востоке Евразии, на Чукотке. Но здесь они жили несколько позже — во второй половине маастрихтского века, примерно 65–68 млн лет назад, и на более низкой (70–72°) палеошироте. Расположено оно на востоке Корякского нагорья в бассейне реки Каканаут, а открыто в 1988 г. российскими учеными: зоологом и палеонтологом Львом Несовым (Ленинградский государственный университет) и палеоботаником Линой Головневой (впоследствии доктор биологических наук, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург). Позже, в 2007–2009 гг., Головнева с коллегами и бельгийским специалистом по рептилиям Паскалем Годефруа снова посетили каканаутское местонахождение и собрали в нем чешую рыб-палеонисков, а также кости, зубы и скорлупу яиц динозавров. Среди остатков этих рептилий были определены растительноядные, относящиеся к базальным орнито-

подам, гадрозавридам, анкилозаврам и неocerатопсам, и хищники — троодонтиды, дромеозавриды и тираннозавриды. Найденная скорлупа яиц двух типов принадлежит, по мнению ученых, гадрозавридам и тероподам.

Энтони Фиорилло и его коллеги полагают: динозавры северной Аляски круглый год обитали в высоких широтах Арктики, на расстоянии менее 1000 км от Северного полюса, и были приспособлены к жизни в условиях продолжительной полярной ночи. Л. Несов, Л. Головнева и П. Годефруа древних рептилий Чукотки также причисляют к оседлым жителям Арктики, полагая при этом, что по крайней мере некоторые из них размножались в Заполярье. Обилие в захоронениях остатков молодых утконосых и некрупных хищных динозавров, а также значительное расстояние до районов, в которых в позднем мелу существовала вечнозеленая субтропическая растительность, позволяют, по мнению этих исследователей, предположить: рептилии не мигрировали на юг, а переживали зиму в состоянии пониженной активности. В подтверждение оседлости животных ссылаются на то, что вместе с остатками взрослых особей найдены зубы детенышей, в том числе недавно вылупившихся. Длительные миграции, по мнению тех же ученых, не оставляли бы времени для выведения и выращивания молоди и, кроме того, отрывали бы растительноядных динозавров от привычных мест обитания.

Л. Несов полагал, что климат Арктики в то время не был, как сейчас, суровым, и мягкие зимы позволяли рептилиям существовать в высоких широтах круглый год. В меловом периоде вдоль восточной окраины Азиатского материка простирался так называемый Охотско-Чукотский вулканический пояс. Ученый предположил, что зимой динозавры могли откочевывать в его близлежащие районы и комфортно зимовать на теплом грунте вулканических кальдер или в воде теплых источников. Во время зимних периодов они могли питаться лиственной вечнозеленой цикадовой, опавшими листьями древесных растений и детритом*. Температуры же (точнее, сумма тепла) летнего периода определены, по его мнению, должны были быть достаточно высоки для инкубации яиц. Несов не исключал, что чукотские динозавры могли использовать для гнездования участки грунта, подогреваемые вулканическим теплом. Так поступают, например, некоторые примитивные тропические формы современных сорных кур *Megalopodiidae* на Зондском архипелаге.

Другие сторонники оседлости динозавров предполагают: «полярные» рептилии были теплокровными (эндотермными) животными и подобно современным млекопитающим переносили невзгоды относительно холодных зим. В подтверждение приводят наблюдения о том, что остатки холоднокровных (эктотермных) животных — амфибий, черепах, ящериц, крокодилов — полностью отсутствуют как в североаляскинских, так и в каканаутских захоронениях. А это может свидетельствовать о том, что динозавры конца мелового периода были способны противостоять климату Арктики, который оказывался слишком суровым для типично холоднокровных.

Для оценки справедливости приведенных мнений обратимся к данным палеоботаники и попытаемся ответить на два вопроса: какова была растительность, составлявшая кормовую базу арктических динозавров, и что нам могут поведать сохранившиеся в геологической летописи ее остатки о климате Заполярья в конце мелового периода?

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И КЛИМАТ

К счастью, как на северной Аляске, так и на Чукотке в тех же самых слоях, где и остатки динозавров, найдены многочисленные отпечатки листьев и побегов. И значит, у нас есть бесценные палеонтологические свидетельства о растительности, окружавшей динозавров Арктики.

Ископаемые растения северной Аляски начиная с конца 1970-х годов изучал английский палеоботаник и палеоклиматолог Роберт Спайсер. Он установил: при малом таксономическом разнообразии (всего 10–12 видов) среди них доминировали родственники современных метасеквойи и болотного кипариса — таксодиевые хвойные рода *Parataxodium*, представленные небольшими деревьями, причем они были веткопадными и в конце вегетационного периода сбрасывали облиственные побеги. Подлесок состоял из хвощей,

папоротников и травянистых покрытосеменных, надземные части которых отмирали в конце вегетационного периода, а в водоемах присутствовали, помимо хвощей, водные цветковые растения *Quereuxia*.

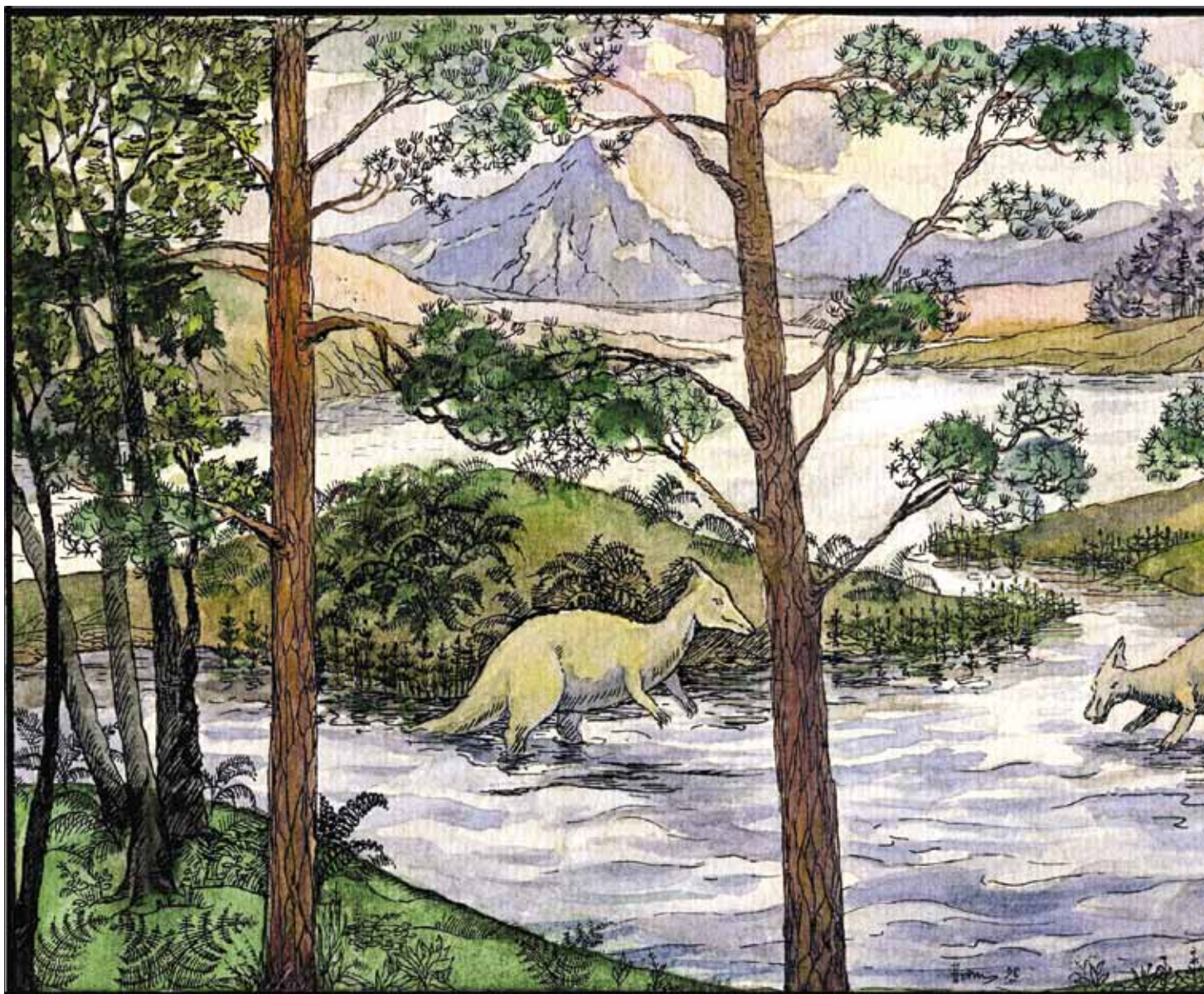
Ископаемые растения из каканаутского местонахождения динозавров на Чукотке изучила Л. Головнева. Оказалось, растительность эта существенно отличалась от характерной для севера Аляски: она была гораздо богаче (около 50 видов) и теплолюбивей, что и не удивительно, поскольку существовала более чем на 1000 км южнее. Интересно, в ее составе были обнаружены по всей видимости вечнозеленые растения — родственники современных саговников. Их исследовали и описали Головнева и доктор геолого-минералогических наук Валентин Красилов (Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва). Кроме этих представителей теплолюбивых растений, в каканаутской флоре было много листопадных гинкговых, листопадных и вечнозеленых хвойных, среди них часто встречались таксодиевые, особенно рода *Sequoia*. Покрытосеменные (около 30 видов) также многочисленны и представлены листопадными формами. Мхи, хвощи и папоротники встречались редко.

Ископаемые растения позволяют нам судить о древних климатах, причем не только о качественных их параметрах (было тепло или холодно, влажно или сухо), но и количественных. За последние 20 лет создана и опробована методика такого расчета, получившая название CLAMP (Climate-Leaf Analysis Multivariate Program). Ее в 1993 г. предложил американский палеоботаник Джек Вулф и значительно усовершенствовали англичанин Роберт Спайсер и автор данной статьи*. Суть ее заключается в выявлении статистической коррелятивной связи между морфологическими признаками листьев и климатическими параметрами. Наземные растения взаимодействуют с атмосферой в процессе газо- и водообмена и для собственного выживания вынуждены приспосабливаться, эволюционируя так, чтобы по своей морфологии соответствовать местным условиям среды. А поскольку сходные типы климата налагают на растения похожие физические ограничения, различные виды, произрастающие в одинаковых, но разделенных в пространстве и во времени климатах, вырабатывают конвергентные морфологические признаки. Следовательно, строение листьев ископаемых растений можно использовать для характеристики климата прошлого.

Этот подход был реализован в методике упомянутого многомерного статистического анализа: CLAMP позволяет по климатическим сигналам, закодированным в морфологии листьев древесных двудольных, рассчитать несколько количественных параметров древнего климата. В основе усовершенствованного метода лежит так называемый канонический корреляционный анализ (CANOCO), устанавливающий корреляцию между 31 морфологическим признаком листьев двудольных (форма, размер и т.д.) и 11 климатическими параметрами (температура наиболее теплого и наиболее холодного месяцев, а также среднегодо-

*Детрит — взвешенные в толще воды частицы мертвого органического вещества, характерный элемент биоценотической среды водных сообществ (прим. ред.).

*См.: А. Герман. Палеоботаника и древний климат Земли: воспоминания о будущем. — Наука в России, 2006, № 1 (прим. ред.).

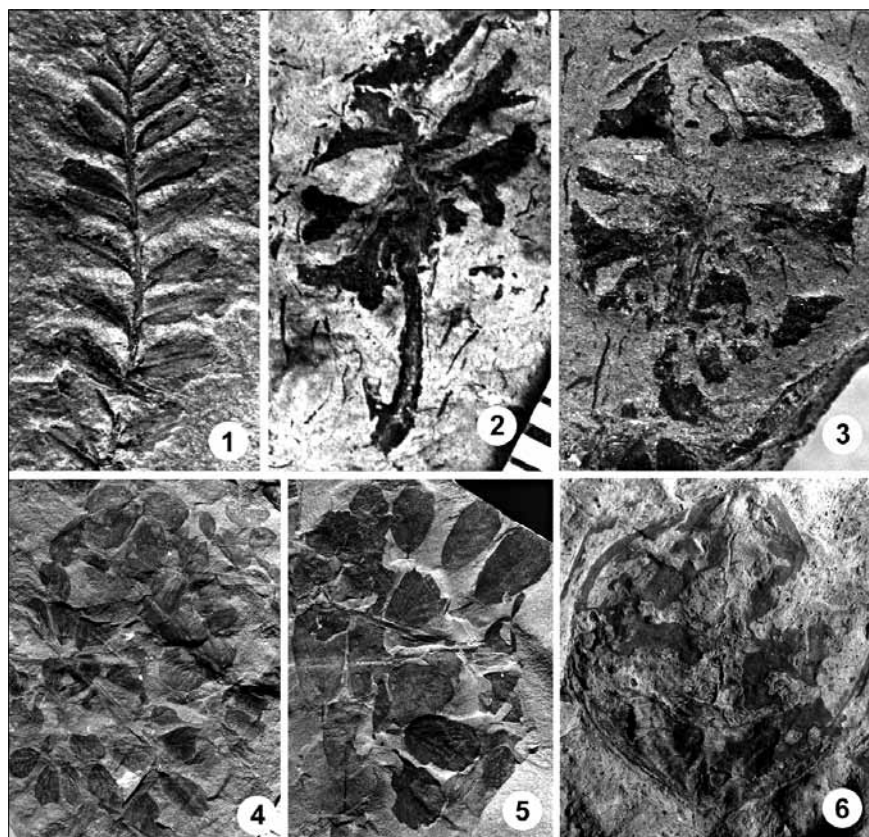


вая, количество осадков за три последовательных наиболее влажных и наиболее сухих месяца, продолжительность вегетационного периода и др.). В результате для ископаемых флор удастся рассчитать параметры температуры и влажности и при этом количественно оценивать возможные ошибки. С помощью CLAMP можно получить ответ на вопрос: если бы та или иная древняя флора произрастала на современной Земле, в каких климатических условиях мы могли бы ее обнаружить?

Пользуясь указанным методом, Л. Головнева по древним растениям каканатской флоры рассчитала вероятные параметры климата, в котором обитали чукотские динозавры. По ее данным, среднегодовая температура была приблизительно 10°C , наиболее теплого месяца — 19° , наиболее холодного — 3°C , ве-

гетационный период продолжался 6,3 мес., при этом в среднем за месяц выпадало 98 мм осадков. Этот древний климат по температурам был сходен с тем, в котором ныне живет население Лондона, но отличался большей влажностью.

Правда, использовать CLAMP для расчета палеоклиматических параметров конца мелового периода северной Аляски «напрямую» не удастся: дело в том, что в высоких палеоширотах (более 80° с.ш.) разнообразие древесных двудольных в ископаемых флорах недостаточно для применения этого метода. Вот почему по результатам того же анализа, но полученным для более низкоширотных флор Северного полушария, богатых покрытосеменными растениями, нами рассчитаны широтные градиенты температуры и уже по ним — вероятные параметры палеоклимата, в котором



Характерные ископаемые растения северной Аляски:

- 1 — таксодиевые хвойные рода *Parataxodium*;
2, 3 — шишки таксодиевых;
4, 5 — водные цветковые растения *Quegexia*;
6 — семя, вероятно, цветкового растения.

Утконосые динозавры
поздне меловой Арктики (рисунки Н. Герман).

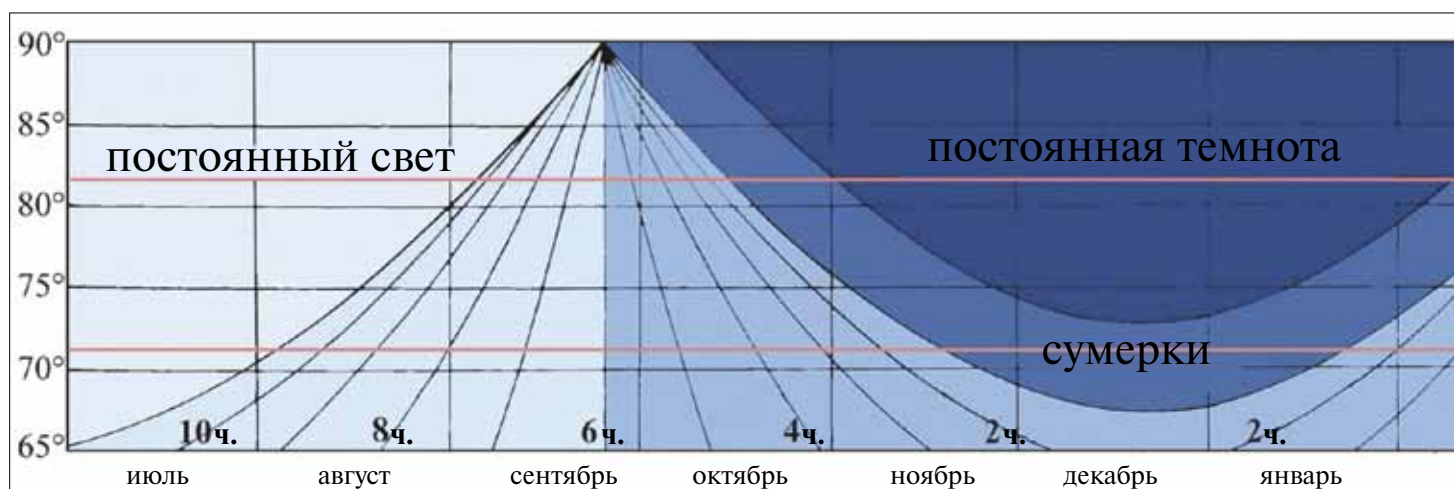
обитали динозавры северной Аляски. Такой подход позволил установить, что на 82° с.ш. 70 млн лет назад среднегодовая температура составляла приблизительно $6,3^{\circ}\text{C}$, самого теплого месяца — $14,5^{\circ}$, а наиболее холодного — минус $2,0^{\circ}\text{C}$.

ПРОБЛЕМА ПЕРЕЗИМОВЫВАНИЯ

Как уже говорилось, все специалисты по динозаврам, изучавшие их остатки с северной Аляски и Чукотки, отстаивают точку зрения: эти рептилии жили в Арктике круглый год. Однако приведенные выше данные о древней флоре и палеоклимате высоких широт Арктики заставляют усомниться в этом. Понятно, что прежде всего нас интересует, как переживали зиму динозавры северной Аляски, обитавшие, в отличие от их чукотских собратьев, на более высокой палео-

широте в окружении более скудной растительности, а еще — образ жизни растительноядных рептилий, поскольку если ресурсов тепла и пищи им хватало, то и хищники, питавшиеся ими, проблемы вряд ли испытывали.

Разговор о том, чем питались растительноядные арктические динозавры, начнем с особенностей светового режима высоких широт. В современной Арктике резко выражена его сезонность: полярный день с незакатным солнцем сменяется здесь долгой зимней ночью. Согласно современным данным, наклон земной оси в конце мелового периода был таким же, как ныне. А это значит, что постоянный летний день на 82° с.ш. (расположение карьера Лискомба) длился почти пять месяцев. И неудивительно, что обилие света достаточно теплым летом вызывало тут бурный



рост растительности, дававшей обильный корм динозаврам. На 72° с.ш. (палеоширота каканутского местонахождения) летний день был короче, почти три месяца, но и он, наряду с теплым вегетационным периодом, благоприятствовал росту растений. Несомненно, обилие корма привлекало растительноядных, а вслед за ними и хищных динозавров в высокие широты.

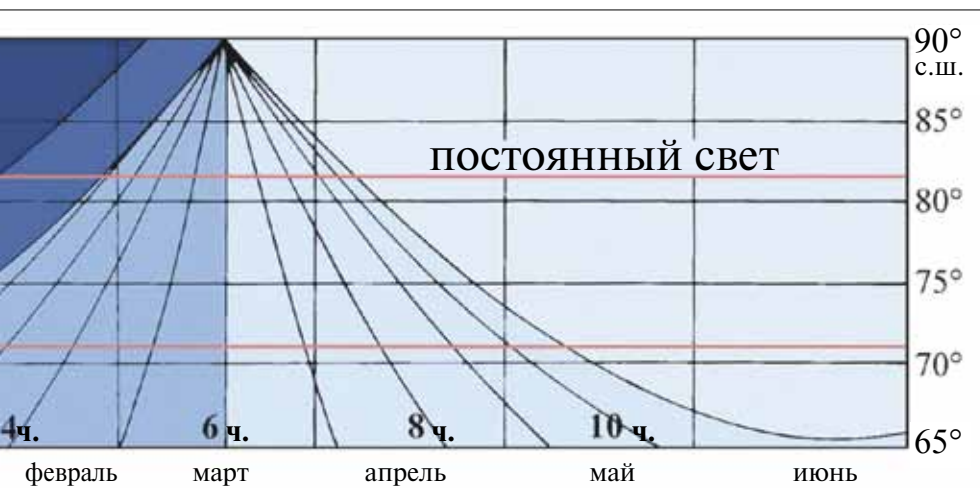
Зато полярная ночь с полным отсутствием солнечного света продолжалась на 82° с.ш. свыше трех месяцев, с ноября до начала февраля, перед и после которой в течение 2–3 недель стояли сумерки. Правда, на 72° с.ш. многонедельная полная темнота отсутствовала, зато период сумерек длился около двух месяцев. Поэтому неудивительно, что все древесные растения северной Аляски были листо- или веткопадными, а у травянистых зимой отмирали их надземные части, причем вызывалось это, вероятно, как отрицательными зимними температурами, так и отсутствием полярной ночью солнечного света. А это однозначно говорит о том, что зимой североаляскинские растительноядные динозавры испытывали дефицит корма. На Чукотке также преобладали листопадные растения, но были и вечнозеленые; поэтому ситуация с зимним кормом у каканутских рептилий была менее жесткой.

Средняя температура наиболее холодного месяца, рассчитанная для 82° с.ш. конца мелового периода, составляла, как говорилось, $-2,0^{\circ}\text{C}$. По всей видимости, в течение этого месяца температуры могли кратковременно — на несколько дней или недель — опускаться до -8 – -10°C . И очень сомнительно, что крупные динозавры северной Аляски могли пережить такие холода. Сейчас некоторые рептилии, скажем, мелкие черепахи, способны переживать зимний период с отрицательными температурами в состоянии сильно пониженной активности — буквально в замороженном виде. Но что устраивает мелких животных, легко находящих убежища в подземных норах, абсолютно не подходило для крупных (до 9–10 м длиной), т.е. арктических динозавров, явно не способных вырыть себе огромные норы-убежища для «спячки». А зимний анабиоз вне надежного укрытия, да еще и в

окружении хищников, в том числе теплокровных, чреват весьма драматическими последствиями... Гипотеза же об использовании рептилиями для перезимовывания и инкубации яиц участков грунта и водоемов, подогреваемых вулканическим теплом, представляется довольно экстравагантной и лишенной серьезных доказательств, тем более на севере Аляски в то время никакой вулканической деятельности не было.

Как уже говорилось, некоторые ученые, поддерживающие идею об оседлом образе жизни арктических динозавров, полагают: последним удавалось пережить холодную зиму благодаря своей теплокровности. Однако популярная ныне гипотеза об эндотермности рептилий нуждается в серьезных подтверждениях, поскольку все доводы ее сторонников основаны на косвенных и недостаточно обоснованных фактах или предположениях (их обзор приведен в книге английского палеонтолога Дэвида Нормана «Иллюстрированная энциклопедия динозавров»). Во всяком случае свидетельств эндотермности рептилий северной Аляски до сих пор не найдено. Напротив, на известных отпечатках чешуйчатой кожи эдмонтозавров не обнаружено следов шерсти, которые могли бы говорить о теплокровности этих животных.

Но даже если предположить, что арктические динозавры были эндотермными и потому могли переносить зимние холода, проблему их перезимовывания это вряд ли решает. Дело в том, что теплокровные животные нуждаются в гораздо большем количестве пищи, чем холоднокровные, «сжигая» значительную ее долю для поддержания постоянной температуры тела и, отчасти, для «обогрева атмосферы» из-за более интенсивного теплообмена с окружающей средой. Замечательный пример их «пищевой расточительности» привел в своей работе 1941 г. доктор биологических наук Сергей Северцов: «Горноста́й, которому для насыщения нужно в день добыть количество мяса, равное половине его веса, и гадюка, которая полгода проводит в оцепенении, а в летнее время довольствуется двумя-тремя полевками в неделю, представляют хороший пример различия в энергии жизнедеятельно-



Распределение темного и светлого времени суток в высоких широтах Арктики в течение года. Красными линиями выделены 72° и 82° с.ш.

сти. Крокодилы в зоологическом саду довольствовались 36 г мяса в день. Близким по весу пантерам и леопардам дают 3,5–4 кг мяса в день». В целом можно сказать, что эндотермным животным требуется примерно в 10 раз больше пищи, чем эктотермным.

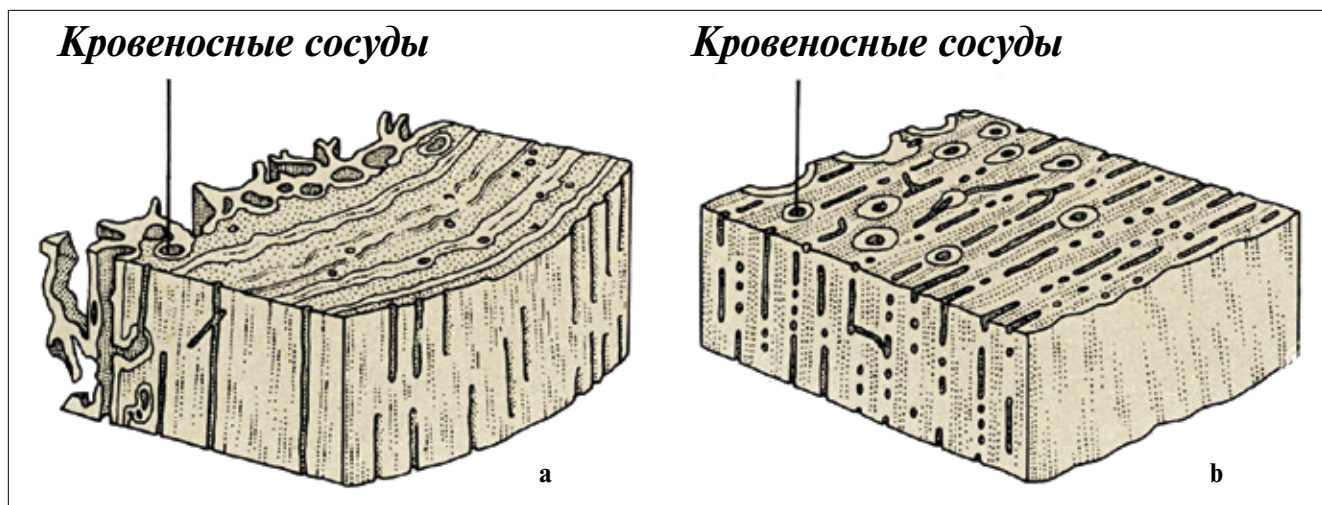
А вот пищи зимой в позднемеловой Арктике явно не хватало. Как мы помним, растительность северной Аляски была листо- и веткопадной, т.е. зимой листва и свежие побеги отсутствовали. Питаться же опадом или отмершими и высохшими травой, папоротниками и лишайниками (как это делают северные олени) затруднительно, если вообще возможно: в конце мелового периода климат Арктики был, в отличие от современного, влажным, с большим количеством осадков в течение всего года. А это значит, что зимой земля вместе со всем съестным покрывалась толстым слоем снега. Предположение о том, что растительноядные динозавры северной Аляски могли эти несколько месяцев питаться скоплениями водных растений (их остатки найдены в верхнемеловых отложениях региона), также не проходит, ибо при отрицательных температурах заводи и озера покрывались ледяным панцирем. Можно, конечно, предположить, что зимой рептилии обгладывали кору деревьев и кустарников, не брезгуя древесиной и древесными грибами. Но это выглядит фантастично, учитывая размеры и количество данных животных.

Кроме того, такая резкая смена их «диеты» от летней к зимней неизбежно отразилась бы на строении костей. Речь здесь идет о следующем. Недавно важные сведения о биологии динозавров северной Аляски были получены специалистом-гистологом Анасуйей Чинсами из Университета Кейптауна (ЮАР), изучившей микроструктуру костей гадрозавров *Edmontosaurus*. Ею установлены два интересных факта. Во-первых, во всех найденных и исследованных до сего времени костях эдмонтозавров не было обнаружено никаких следов сезонной приостановки их роста — своего рода «годовых колец», маркирующих, как и у растений, неблагоприятный период с недостатком необходимых организму ресурсов. Следовательно, у них в течение

года не было ни существенного изменения «диеты», ни «постов» из-за нехватки свежей растительной пищи. Во-вторых, ископаемые кости этих животных пронизаны многочисленными каналцами, в которых проходили кровеносные сосуды, что говорит о высокой скорости роста костей. Ту же особенность она обнаружила и при изучении костей другого растительноядного динозавра, относящегося к роду *Pachyrhinosaurus*. Значит, молодые особи росли очень быстро. Памятуя о резко сезонном климате северной Аляски в конце мелового периода и листопадном характере растительности, окружавшей эдмонтозавров, можно с уверенностью заключить: эти животные совершали сезонные миграции, в зимнее время откочевывая вслед за уходящим теплом на юг в те места, где свежей растительной пищи хватало для их нормального существования. Молодые же особи к концу лета или началу осени уже достигали размеров, позволявших им дальние миграции.

Можно привести еще две «косвенные улики» в пользу сезонных передвижений динозавров Арктики. Во-первых, растительноядные млекопитающие, такие, например, как северные олени, часто переходят с места на место просто из-за того, что выедают корм и вынуждены менять пастбища. Другими словами, стада этих животных должны постоянно передвигаться — так почему бы арктическим динозаврам было не идти на север весной и в обратном направлении осенью? Как отметил в середине 1990-х годов российский геолог Николай Чумаков, в Северной Америке в меловый период прекрасными путями для соответствующих миграций могли служить «пастбищные уголья» вдоль берегов меридионального Западного внутреннего пролива. Во-вторых, самые близкие из современных животных родственники динозавров — птицы — как раз и совершают протяженные сезонные миграции — перелеты «вслед за теплом и кормом». Не унаследовали ли они этот образ жизни от своих четвероногих мезозойских предков?

Естественно, встает вопрос, как далеко мигрировали динозавры северной Аляски? Из современных четве-



Микроструктура костей: а — рептилий, б — динозавров.

Строение костей динозавров, крупных млекопитающих и птиц схоже — в них значительно больше, чем у рептилий, кровеносных сосудов. Это рассматривают как свидетельство теплокровности динозавров, однако более вероятно иное объяснение: данная особенность говорит о том, что последние росли очень быстро.

роногих Арктики рекорсменами дальних «путешествий» являются североамериканские карибу, ежегодно преодолевающие расстояния до 5500 км. Э. Фиорилло и Р. Ганглофф справедливо считают: карибу далековато отстоят от динозавров, и поэтому привлекать первых как модель, иллюстрирующую образ жизни вторых, неверно, но все же пример карибу показателен. Вечнозеленые саговниковые кустарники и хвойные, а также водная растительность, известные на Чукотке примерно в 1000 км южнее местообитания динозавров Аляски, могли бы служить зимней кормовой базой для растительноядных рептилий, а каканавские анкилозавры, судя по строению их тела, едва ли были хорошими «ходоками». С другой стороны, рассчитанная по каканавской флоре температура наиболее холодного месяца в 3°C представляется недостаточно теплой для выживания крупных рептилий. С определенной долей условности можно предположить: для того, чтобы достичь районы с вечнозеленой растительностью и приемлемым климатом, динозавры северной Аляски должны были зимой уходить на юг на 1200–1300 км, примерно до широты южной Аляски.

Скорлупа яиц динозавров известна из каканавского местонахождения, а на северной Аляске она до сих пор не найдена. Можно допустить, что обитатели последней, как и чукотские, размножались летом и в Арктике, но это предположение ставит ряд вопросов, на которые пока ответа нет: достаточно ли было тепла аляскинским летом с температурой наиболее «жаркого» месяца 14,5°C для развития яиц этих, скорее всего, холоднокровных животных и хватало ли того времени, которое динозавры проводили на летних пастбищах, для рождения и выращивания детенышей? В связи с такими вопросами, вероятно, справедливо предположение некоторых палеонтологов о том, что динозавры могли для обустройства своих гнезд использовать скопления гниющих и выделяющих тепло растений, а

вылупившаяся из яиц молодь при обилии пищи росла очень быстро и за короткое время достигала размеров, позволявших ей избегать хищников небольшого размера и передвигаться с достаточной скоростью, не отставая от своих взрослых сородичей.

В самом конце мелового периода динозавры повсеместно вымерли. Довольно распространенной, хотя и спорной гипотезой, объясняющей их исчезновение, является предположение о крупном импактном событии на границе мелового и палеогенового периодов — падении одного или нескольких астероидов, повлекшим за собой катастрофическое вымирание животных и растений. Последнее вызвала наступившая темнота и резкое похолодание климата из-за глобального распространения в атмосфере плотных облаков пыли и сульфатных аэрозолей, а также катастрофических лесных пожаров. Однако сторонники оседлого обитания динозавров в заполярных широтах справедливо отмечают: эти животные были приспособлены и к темноте полярной ночи, и к низким температурам Арктики, а потому данные причины не должны были привести к их вымиранию. Но если справедливо то, о чем говорится в данной статье, и арктические динозавры совершали сезонные миграции, откочевывая зимой на юг, то указанное противоречие снимается. Другими словами, похолодание в конце мелового периода вполне могло вызвать их вымирание. Но было ли это похолодание спровоцировано внезапными или земными причинами — уже другой вопрос.

Иллюстрации предоставлены автором