

MODERN PALEONTOLOGY

A. Yu. ROZANOV

The paper discusses the most important problems of modern paleontology including new recently emerged fields.

В статье рассмотрены наиболее значимые проблемы современной палеонтологии, включая недавно возникшие направления.

СОВРЕМЕННАЯ ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

А. Ю. РОЗАНОВ

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова

Палеонтология – это наука об ископаемых организмах. Из-за специфики и разнообразия изучаемых объектов палеонтология использует множество различных методов. На начальном этапе развития исследования в палеонтологии в основном были направлены на выяснение и описание разнообразия органического мира прошлого, создание систематик и выяснение филогенетических взаимоотношений ископаемых групп. Позднее четко обозначились вполне самостоятельные направления: 1) таксономическое (разнообразие, систематика, региональные фауны и флоры); 2) морфофункциональное и эволюционно-морфологическое; 3) филогенетическое; 4) палеоэкологическое; 5) микроструктурно-гистологическое; 6) палеобиогеохимическое; 7) палеобиогеографическое; 8) биостратиграфическое и др. Наконец, в самое последнее время обособились палеонтология докембрия, молекулярная палеонтология, бактериальная палеонтология, биосферное направление и изучение необычных (экстраординарных) биот. Такая дифференциация палеонтологических исследований определяется по крайней мере двумя причинами. Во-первых, задачи палеонтологии значительно обогащаются ее кооперацией с другими областями биологических и геологических наук, а во-вторых, расширяются с развитием методической базы (внедрением электронной микроскопии, томографии, микроанализаторов, компьютерной техники).

Обособление новых направлений не означает, однако, что результаты традиционных исследований утрачивают свое значение. Традиционные описания новых таксонов и региональных фаун и флор всегда были и будут оставаться фундаментом палеонтологии, поскольку без пополнения именно этих данных все остальные исследования могут быстро потерять смысл, лишившись основы. Остановимся на самых ярких достижениях последних лет, как в традиционных, так и в новых направлениях.

Палеонтология докембрия. Сам термин был введен сравнительно недавно (в конце 60-х годов) Б.С. Соколовым. Это направление связано с изучением органического мира на интервале, равном примерно 7/8 длительности истории Земли. Развивается оно в настоящее время очень бурно. Еще не так давно считалось, что в докембрии практически не было жизни, по крайней мере макроскопически различной. Поэтому-то весь докембрий и носит название

“криптозой” (эра скрытой жизни). Огромное количество новых находок от макроскопических до молекулярных дало возможность создать более или менее достоверную общую картину эволюции органического мира и биосферы докембрия [10]. Еще несколько лет тому назад считалось, что первые многоклеточные организмы появились лишь в венде (~650–550 млн лет), а одноклеточные эукариоты – приблизительно 1,2–1,3 млрд лет тому назад. Теперь мы уже знаем о находках низших грибов в породах, возраст которых составляет около 2,2 млрд лет, и первых многоклеточных животных и их следов в породах, чей возраст оценивается 1,4 млрд лет. Совершенно уникальные результаты получены в результате анализа разнообразия и пространственного распространения так называемой вендо-эдиакарской фауны. Ее специфика состоит в том, что все представители этой биоты еще не имеют скелета. Сегодня уже описаны многие десятки родов и видов, и обнаружены они на всех континентах [2].

Бактериальная палеонтология. Это направление сформировалось в последние годы, хотя изучение ископаемых бактерий в кремнях началось почти 50 лет тому назад. Считалось, что кремни – единственная порода, где в принципе можно обнаружить сохранившиеся бактериальные остатки. Однако развитие палеонтологии докембрия и электронно-микроскопическое изучение высокоуглеродистых пород и фосфоритов выявили наличие фоссилизованных бактерий практически во всех осадочных образованиях. Экспериментально на современных цианобактериях было показано, что процессы фоссилизации (окаменения) могут происходить в считанные часы, в связи с чем мы и находим в ископаемом состоянии неразложившиеся бактерии удивительно хорошей сохранности. Последствия этих открытий еще трудно оценить. Но уже сейчас ясно, что обнаружение, например, бентосных цианобактериальных матов (ЦБМ) в черных сланцах, многие из которых считались показателями глубоководности (куда лучи света практически не проникают), заставляет пересмотреть устоявшиеся палеогеографические построения – ЦБМ должны были образовываться в фотической зоне (в зоне проникновения света).

Повсеместное обнаружение бактерий в осадочных породах дает основание думать, что многие аспекты теории осадкообразования должны быть пересмотрены, поскольку сегодня уже трудно представить себе процесс осаждения в эпиконтинентальных бассейнах прошлого без участия бактерий. Обнаружение же ЦБМ в докембрийских породах ведет и к переоценке перспектив нефтегазоносности древних толщ, считавшихся обычно малоинтересными с точки зрения накопления органического вещества. Однако с учетом огромной продуктивности современных ЦБМ такой взгляд нуждается в пересмотре, поскольку нет оснований полагать, что продуктивность древних ЦБМ была ниже, чем современных. В

теоретическом плане данные бактериальной палеонтологии тесно связаны с выяснением огромного значения прокариотической биосферы прошлого и ее трансформации в эукариотическую.

Молекулярная палеонтология. Очень серьезные результаты в последние годы были получены в области изучения хемофоссилий или биомаркеров. Это направление чаще всего называют молекулярной палеонтологией. Она изучает молекулярные следы жизнедеятельности организмов прошлого, выясняя по ним характер эволюции как живых организмов, так и биосферы в целом. Остатки органических молекул, первичных или преобразованных, часто устойчивы к внешним воздействиям и сохраняются достаточно хорошо. Разнообразие органических соединений (естественно и разнообразие хемофоссилий) возрастает с эволюцией (усложнением) органического мира. Кроме того, некоторые органические соединения, сохраняющиеся в ископаемом состоянии, специфичны для тех или иных конкретных групп. Так, у бактерий для их систематики используется жирнокислотный состав липидов, у растений – фенольные соединения, алкалоиды и многое другое. Очень интересно, что 7- и 8-метилгептадеканы характерны только для цианобактерий (синезеленые водоросли) и не встречаются у других бактерий, водорослей и высших растений. Особенно интересны результаты исследований докембрийских хемофоссилий, поскольку они позволяют наметить время возможного появления эукариот, затем многоклеточных и т.д.

В 1969 году основоположник молекулярной палеонтологии Кальвин, а позднее В. Шопф с коллегами предложили первые картины химической и биологической эволюции. Современные данные позволяют внести существенные коррективы. В основном они связаны с постепенным “удрелением” находок, свидетельствующих о появлении эукариот, многоклеточных организмов и т.д. (рис. 1).

В последние 10 лет появились работы по изучению ДНК у вымерших форм. Эти исследования открывают возможность выявлять сходство и различие организмов на основе комплекса молекулярных характеристик. Можно получить количественную оценку сходства сравниваемых форм, вычислить генетические расстояния между ними и даже оценить абсолютное геологическое время расхождения групп.

Первые остатки ДНК вымершего животного были выделены из шкуры квагги в 1984 году. Исследование показало, что это животное являлось подвидом современной зебры. Спустя три года с помощью появившейся к тому времени полимеразной цепной реакции (ПЦР), позволяющей на основе матричного синтеза размножать последовательности ДНК и тем самым доводить их количество до пригодного для биохимического анализа, были получены многочисленные копии участков генов из образца

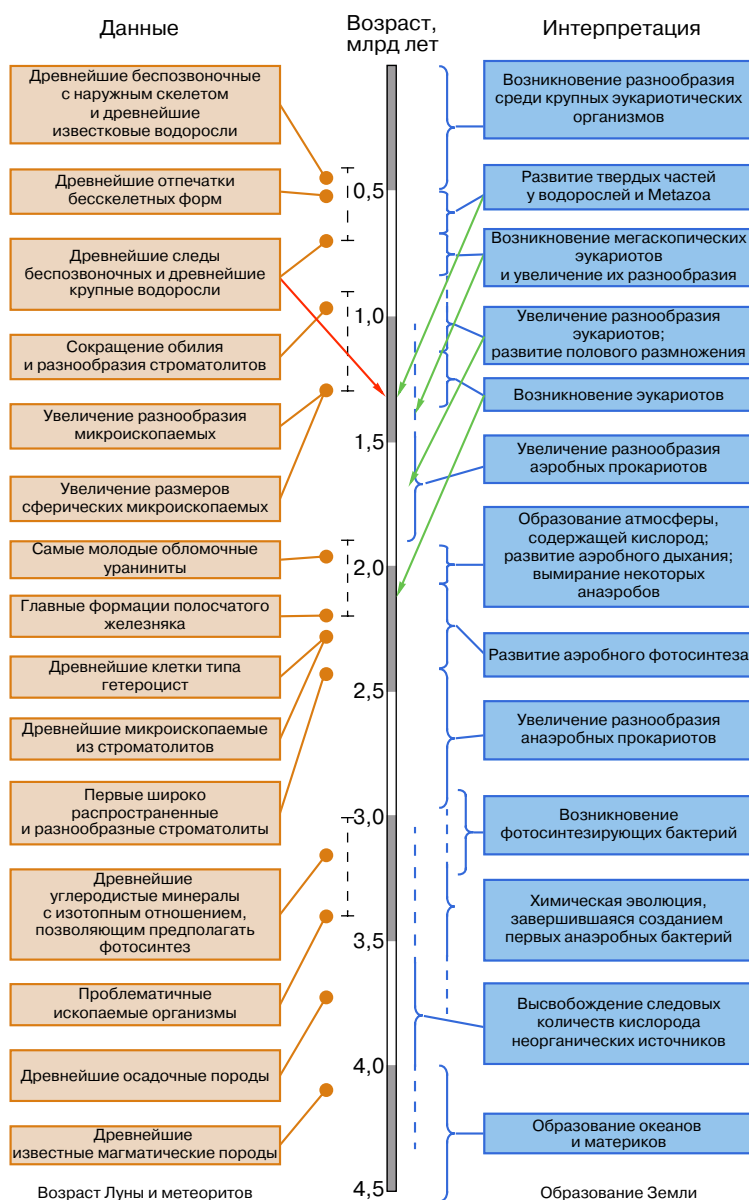


Рис. 1. Хронологическая последовательность главных событий в докембрийской эволюции по данным палеонтологии, петрографии и геохимии, сравнительного изучения метаболизма и биохимии современных организмов. По В. Шопфу с дополнениями. Красным и зеленым цветом показаны новые данные. В соответствии с этим следует провести коррекцию и других данных

головного мозга первобытного человека, погибшего, по-видимому, около 7 тыс. лет тому назад.

Изучены последовательности ДНК, выделенной из костей и мягких тканей четырех видов новозеландских моа, вымерших около тысячи лет назад. Оказалось, что эти птицы гораздо древнее современных нелетающих киви. Вероятно, киви попали на острова значительно позже, чем вымершие моа, жившие там уже 80 млн лет тому назад. В то же время показано близкое родство киви с австралийскими эму.

ДНК была успешно выделена из ископаемых остатков мамонтов, датированных от 10 до 50 тыс. лет. Выявлено, что виды мамонтов отличались рядом генетических маркеров. Генетические дистанции мамонта от каждого из родов современных слонов примерно одинаковы, хотя морфологические исследования показывают более близкое родство мамонтов с индийскими слонами, нежели с африканскими. Возможно, это указывает на несоответствие темпов эволюции на молекулярном и морфологическом уровнях. Молекулярная палеонтология,

или палеогенетика, еще очень молода, и ее основные открытия можно ожидать в будущем. Как видит читатель, исследования ДНК ископаемых остатков организмов ограничены пока материалом очень “молодого” возраста (тысячи, реже десятки тысяч лет).

Биосферное направление. Целенаправленные исследования в области эволюции древних экосистем и биосферы в целом являются в значительной мере типично российским явлением, исторически связанным с традицией, берущей начало от известных работ В.И. Вернадского. Сегодня это направление находится и в русле громадного интереса человечества к современному экологическому кризису, противостоянию которому немислимо без учета предистории развития биосферы.

Каковы же основные результаты, полученные в этом разделе палеонтологии? Прежде всего на палеогеологическом материале показано, что биосфера — непрерывно развивающаяся авторегулируемая система. Для ее развития характерна цикличность разного масштаба. Было выяснено, что только изменение разнообразия является объективным критерием состояния биосферы. На основе изучения динамики разнообразия выявляются разной силы кризисы в истории биосферы, а детальное изучение их протекания показывает, что они развиваются по сходному сценарию, то есть все этапы кризиса (начало, главная фаза и фаза выхода из кризиса) характеризуются своими специфическими признаками (симптомами), но всегда одними и теми же. Это позволяет при выявлении естественных трендов в эволюции биосферы более четко оценить возможные последствия антропогенных воздействий.

В предыдущие два десятилетия Д. Сепкоски (США) был создан банк данных по морским организмам, позволивший проанализировать динамику их разнообразия в фанерозое (от кембрия (540 млн лет) доныне). Созданный за последние годы в нашей стране банк данных по наземным организмам дал возможность сравнить динамику морского и континентального разнообразия и показать удивительную синхронность крупных изменений, что наводит на мысль о существовании глобальных причин, влияющих на биосферу в целом. Биосферные исследования потребовали разработки нестандартных подходов и в палеобиогеографии.

Палеобиогеографическое направление. На предыдущем этапе развития палеобиогеографии самыми главными вопросами были разработки принципов биогеографического районирования и само районирование. Мощным прорывом в то время было создание С.В. Мейном моделей происхождения флор, заложивших основу реальной исторической палеобиогеографии (рис. 2). Сегодня активно ведутся исследования по созданию моделей происхождения фаун (рис. 3). Теперь уже достаточно уверенно можно подтвердить высказанные ранее представле-

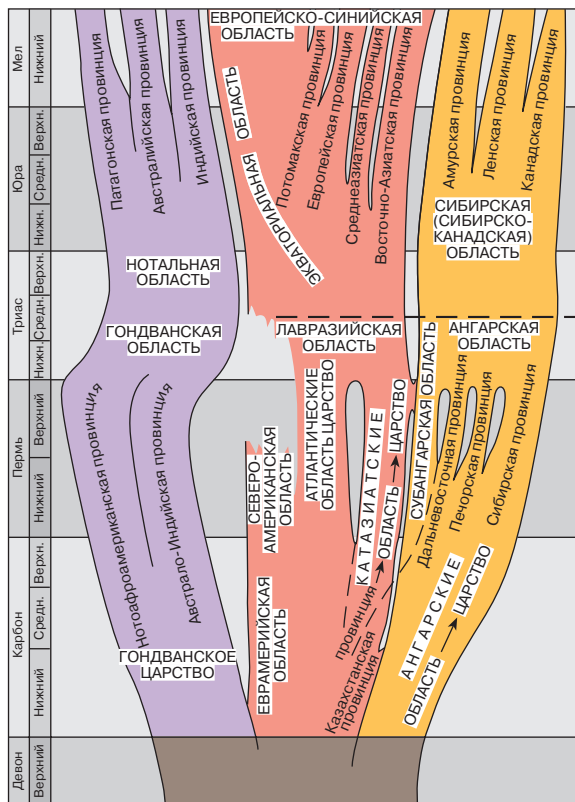


Рис. 2. Эволюция фитоохорий в позднем палеозое и мезозое по С.В. Мейнену

ния о достаточно позднем (в девоне) формировании бореальной области из-за перемещения материков (континентальных плит), расположенных ранее только в южном полушарии, в северное. Можно также быть уверенными в том, что со временем происходит постепенная дифференциация (дробление) биохорий (биогеографических единиц). Таким образом, со временем идет нарастание количества биохорий, и они в соответствии с климатической зональностью располагаются биполярно. Впервые сделана попытка найти подходы к анализу внутренней структуры биохорий на основе количественных оценок.

Было показано, что фаунистические комплексы проходят в своем развитии фазы роста, расцвета и упадка. Фаза роста характеризуется зарождением или вселением в регион эврибионтных форм. Во время фазы расцвета регистрируется массовое появление стенобиотных форм и эндемиков. Механизм увеличения экологической специализации можно представить как дробление экологических ниш в результате конкуренции за ресурсное пространство. Следующая фаза — фаза упадка связана с неизбежным вымиранием неустойчивых стенобионтных форм. Описанные фазы аналогичны фазам

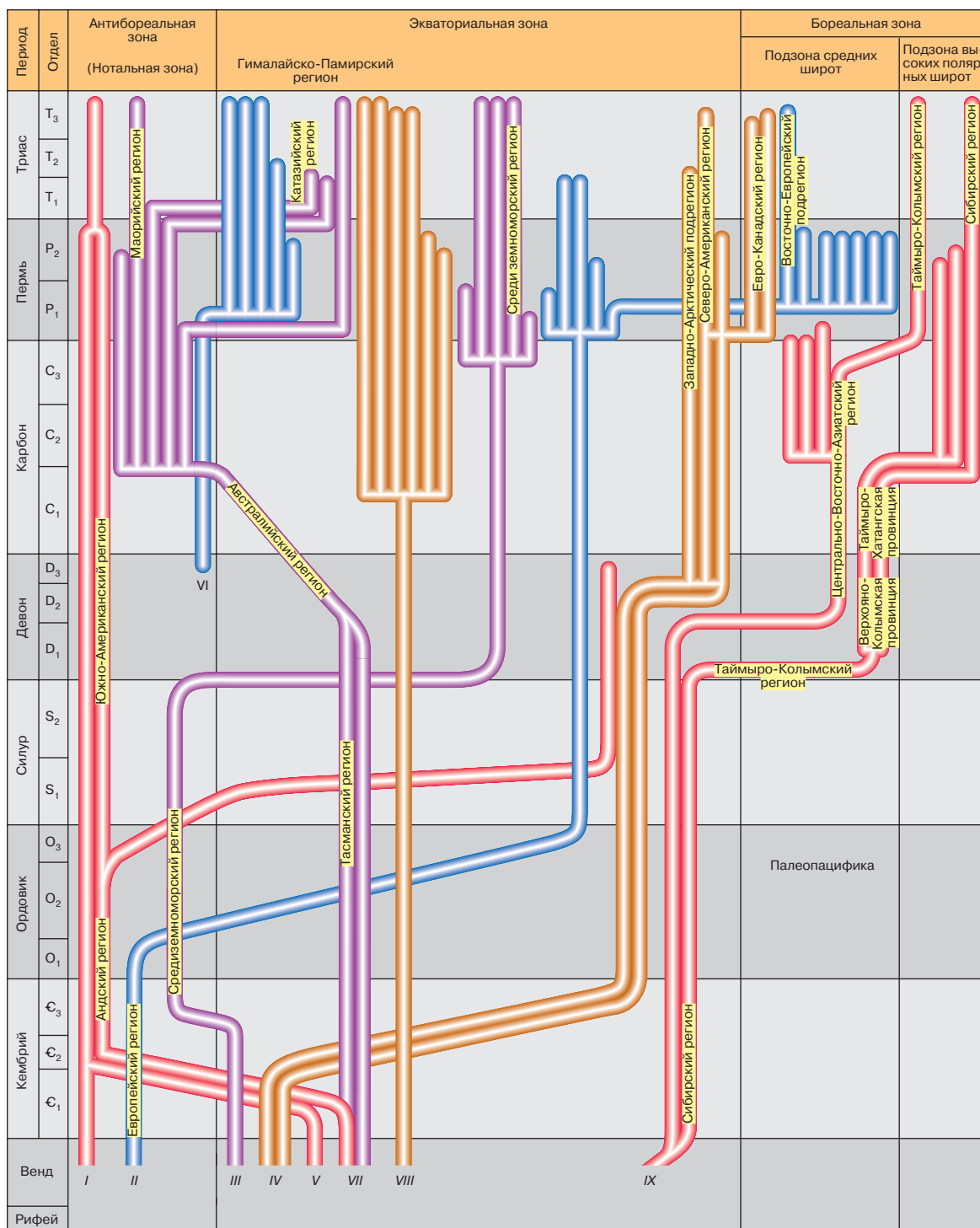


Рис. 3. Эволюция зоохорий в палеозое и триасе по Т.А. Грунт и А.Ю. Розанову: I – Южная Америка; II – Восточно-Европейская платформа; III – Центральная и Южная Европа, Северная Африка; IV – Северная Америка; V – Центральная и Южная Африка; VI – Индо-Пакистанский блок; VII – Австрало-Антарктический блок; VIII – Южно-Китайская платформа и Индокитай; IX – Сибирская платформа, Алтае-Саянская область, Казахстан

экологических сукцессий. Порядок чередования фаз развития фаунистического комплекса единообразен, так как контролируется внутренними механизмами, такими, как дробление ниш, конкуренция, вымирание специализированных форм, а время прохождения фаз может меняться в зависимости от внешних воздействий. Циклическая смена периодов космополитизма, например: в раннем силуре, позднем девоне, раннем карбоне, раннем триасе, и провинциализма, например: в раннем ордовике, раннем девоне, поздней перми, принципиально прогнозируема, если учесть упомянутые авторегуляторные циклы. Кроме изоляционных механизмов, связанных с палеогеографическими изменениями, космополитные фауны появляются всегда после массовых вымираний, прежде всего в связи с вымиранием специализированных форм.

Экстраординарные биоты. Как правило, значительный элемент новизны в познании древнего разнообразия связан с изучением необычных экстраординарных захоронений (лагерштаттов). Широко известно, например, довольно давно открытое местонахождение в среднекембрийских сланцах Бёрд-жес в западной Канаде, откуда описаны многие организмы, обычно не сохраняющиеся в ископаемом состоянии. В последнее время А.Ю. Иванцовым было открыто исключительной важности местонахождение в нижнекембрийских породах среднего течения р. Лены. Уже сегодня оттуда известны губки, черви-палеосколициды, онихофоры, брадоириды и др. Ценность этих находок, как и в случае с Бёрд-жес, состоит в том, что мы имеем возможность в таких местонахождениях изучать остатки не только обычных раковинных (скелетных) форм, но и бесскелетных организмов или отпечатков мягких тканей скелетных форм. Последний десяток лет интереснейшие результаты были получены К. Мюллером (ФРГ) и его коллегами по фосфатизированным мягким тканям верхнекембрийских остракод и других вымерших членистоногих. В самое последнее время аналогичные находки были сделаны в породах среднего кембрия Сибири. Обычно это очень мелкие (мм-размерности) организмы, многие из которых ранее не описывались. Удивительный результат получил И.С. Барсков, обнаруживший фосфатизированные кровеносные сосуды у верхнеюрского аммонита из района Воробьевых гор в Москве.

Выше было сказано о возможности в определенных условиях высочайшей скорости фоссилизации. Сегодня мы уже представляем как условия этих захоронений, так и специфику пород, в которых подобное явление следует искать. К проблемам фоссилизации примыкает и проблема интерпретации загадочных ископаемых, особенно многочисленных в кембрии. Чрезвычайно интересна находка в кембрии Гренландии полного организма с покрывающими его тело склеритами и двумя образованиями, напоминающими раковины на концах. Понять, что представляет собой такой организм, пока невозмож-

но, но достаточно ясно одно: отдельные склериты такого организма обычно описывались ранее как самостоятельные таксоны родового и видового ранга.

Естественно, после находок в лагерштаттах происходят существенные изменения в системе ряда групп организмов, а количество реальных, признанных учеными таксонов значительно сокращается. В связи с изучением проблематичных организмов венда и кембрия, естественно, с особой остротой вновь встает вопрос о возможности существования в прошлом многочисленных групп (даже в ранге типов), быстро угасших еще в кембрии или, точнее, в палеозое. Есть исследователи, которые в этом архаическом многообразии видят не многочисленные вымершие таксоны высокого ранга, а переходные формы между известными типами. Но это не столь уж принципиальное расхождение, поскольку определение ранга того или иного таксона связано с субъективными представлениями разных специалистов.

Компьютерная томография. Существенно новые возможности в изучении ископаемого материала палеонтологи связывают с компьютерной томографией, исследованиями с помощью медицинского томографа. Объект сканируется рентгеновскими лучами с получением фронтальных срезов через заданные интервалы. В результате анализа полученных сечений моделируются сечения в других плоскостях: сагиттальной и фронтальной – и создается компьютерная модель объекта. Метод позволяет получить срезы необходимой области, не повреждая при этом материала, выявить невидимые снаружи структуры без дополнительной препаровки, которая приводит подчас к уничтожению тонких деталей. Совсем недавно, например, сотрудницей Палеонтологического института РАН Т.А. Тумановой совместно с американскими коллегами на оборудовании Госпиталя при Университете Пенсильвании (США) было проведено томографическое исследование двух черепов анкилозавров – панцирных динозавров из коллекции Палеонтологического института РАН (рис. 4). Сканирование позволило воспроизвести внутренние структуры бронированной головы анкилозавров: носовые проходы, синусы, мозговую полость. Неожиданный результат анализа – обнаружение на одном из образцов, возраст которого датируется около 80 млн лет, патологического образования в области неба – остеомы. Вероятно, ее возникновение связано с повреждением, полученным животным при жизни, след от которого имеется на крыше черепа.

Традиционные направления. Теперь остановимся на некоторых результатах традиционных направлений исследований в палеонтологии. Пополнение сведений по разнообразию организмов древних эпох происходит обычно из трех источников. Это, во-первых, новые поступления из конкретных регионов, во-вторых, пополнение информации за счет целенаправленных сборов по конкретному временному

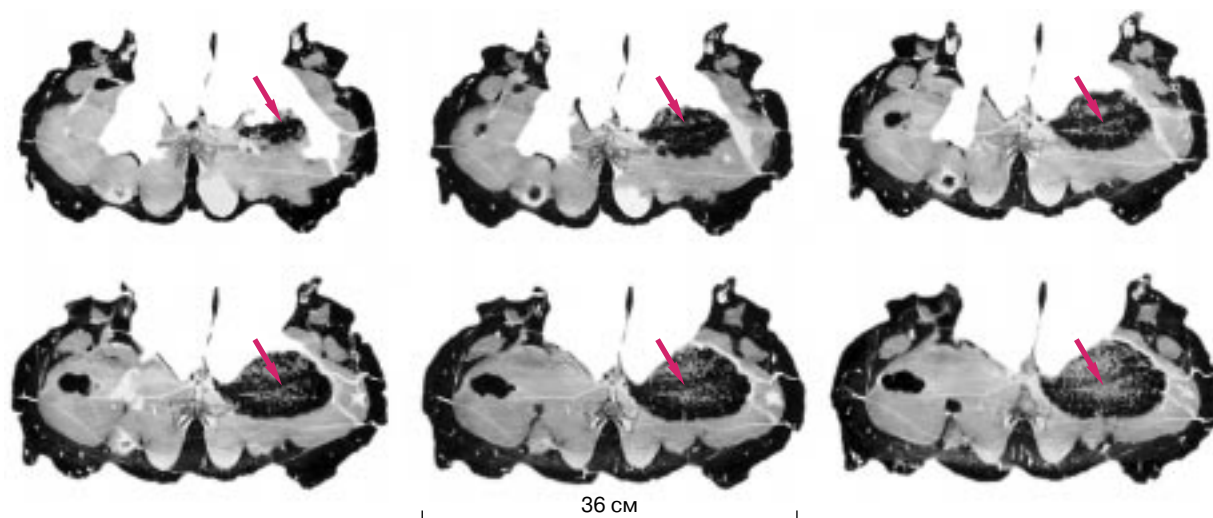


Рис. 4. Последовательные томографические срезы черепа панцирного динозавра. Красной стрелкой показана остеома, обнаруженная в области неба

отрезку, в-третьих, целенаправленные сборы по какой-либо группе организмов. Наиболее мощный всплеск новой информации по разнообразию прошлых эпох произошел в связи с началом интенсивных палеонтологических работ по Южной Америке, информация по палеонтологии которой была ранее крайне скудной. Мощный поток новой информации продолжает поступать и из Китая.

Описание все новых и новых ископаемых организмов по некоторым интервалам напрямую коррелирует с проведением международных работ по совершенствованию единой международной стратиграфической шкалы. Уточнение границ, выбор стратотипов стратиграфических подразделений, который проводят международные рабочие группы, приводят к интенсивному изучению органического мира смежных интервалов. Приведем лишь известный пример, связанный с выбором границы кембрия и докембрия (фанерозоя и криптозоя). В начале работ (конец 60-х) в пограничных отложениях кембрия и докембрия было известно всего 15–20 видов, а уже через 10 лет были описаны сотни.

Третий источник – специальное изучение какой-либо из групп организмов. Например, за последние 15 лет произошел настоящий информационный взрыв в области изучения исторического развития класса птиц. Только количество известных видов ископаемых птиц стало в два раза больше, чем было их установлено за предыдущие сто с лишним лет изучения начиная с середины XIX века. Были открыты новый инфракласс птиц – энантиорнисы (*Enantiornithes*), широко распространенные по всем континентам на протяжении мелового периода, и позднетриасовый (275 млн лет) североамериканский протоавис (*Protoavis*), вероятный предок всех настоящих веерохвостых птиц. Значительно

больше мы стали знать и о других меловых и палеогеновых птицах. Например, стало известно, что зубатые нелетающие гесперорнисы позднего мела обитали не только у побережий Северной Америки, но и у берегов Европы и Азии. Считавшиеся чисто южноамериканскими кариамы (*Cariamidae*) и фороракосы (*Phorusrhacidae*) были открыты в палеогене Европы. Несмотря на открытие новых археоптериксов (*Archaeopteryx*) – а теперь их найдено семь экземпляров в верхней юре (145 млн лет) южной Германии, – эту известнейшую ископаемую птицу нельзя считать прямым предком всех позднейших птиц. Археоптериксы вместе с энантиорнисами представляют боковую и тупиковую (исчезнувшую в мезозое) ветвь в эволюции птиц (рис. 5). Вопрос о непосредственных предках птиц остается открытым, но едва ли ими были динозавры, на чем настаивают некоторые ученые.

Палеонтология дала огромный материал для разработки теоретических аспектов биологии, и прежде всего теории эволюции. Необратимость эволюции, например, не могла бы быть показана без наличия палеонтологического материала. В последнее время именно палеонтологический материал дал возможность обосновывать одну из важнейших теоретических концепций. На разных группах позвоночных (кистеперые рыбы, древние амфибии, парарептилии, териодонты) было показано, что морфофункциональные переходы на более высокие таксономические уровни происходили мозаично и параллельно на базе исходной организации, черты которой сохранялись долгое время у представителей новой группы. В этой связи можно говорить о существовании тетраподных признаков у палеозойских кистеперых рыб–рипидистий, млекопитающих признаков у териодонтов (рис. 6) и, наоборот, о сохранении рыбных

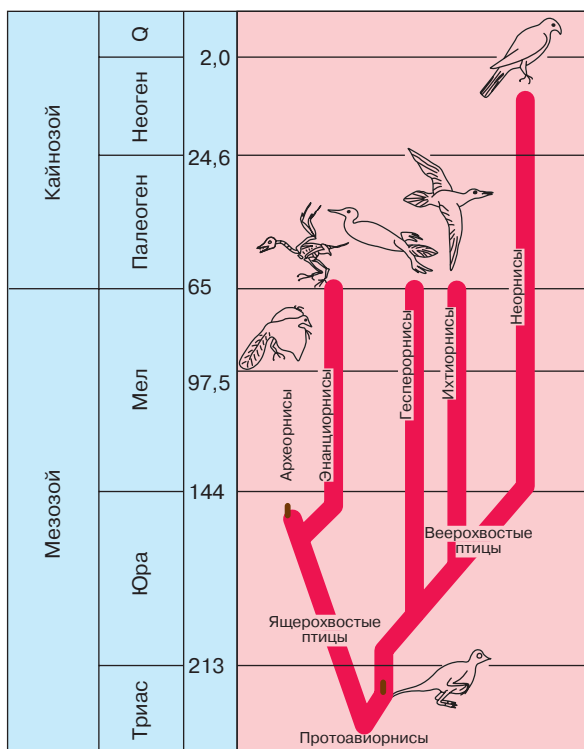


Рис. 5. Филогения класса птиц по Е.Н. Курочкину

черт (чешуя, остатки жаберного аппарата, связь позвоночника с черепом и др.) древними амфибиями и парарептилиями (работы Л.П. Татаринова, Э.И. Воробьевой, О.А. Лебедева, М.Ф. Ивахненко, Е.Н. Курочкина и др.).

В том же ключе можно рассматривать и проблемы происхождения цветковых растений. Внезапное появление в геологической летописи и широкое распространение покрытосеменных Ч. Дарвин назвал отвратительной тайной, поскольку оно совершенно не вязалось с его представлениями о постепенности эволюции. Широкое развитие палинологических исследований и тщательное изучение местонахождений макроскопических остатков флоры позволили в корне изменить ситуацию. Палинология дала целостную, хотя и не очень детальную картину для всей Земли, так что не осталось места для домыслов ни о географии, ни о временной привязке процесса происхождения и распространения покрытосеменных. Детальные исследования многих, в том числе давно известных и бедных остатками, местонахождений позволили получить не только обычный материал по листьям и древесинам, но и многочисленные цветы и цветкоподобные органы непосредственных предшественников покрытосеменных. Оказалось, что многие группы голосеменных растений, прежде всего гнетовые и беннеттиты, параллельно вырабатывали признаки цветковых растений.

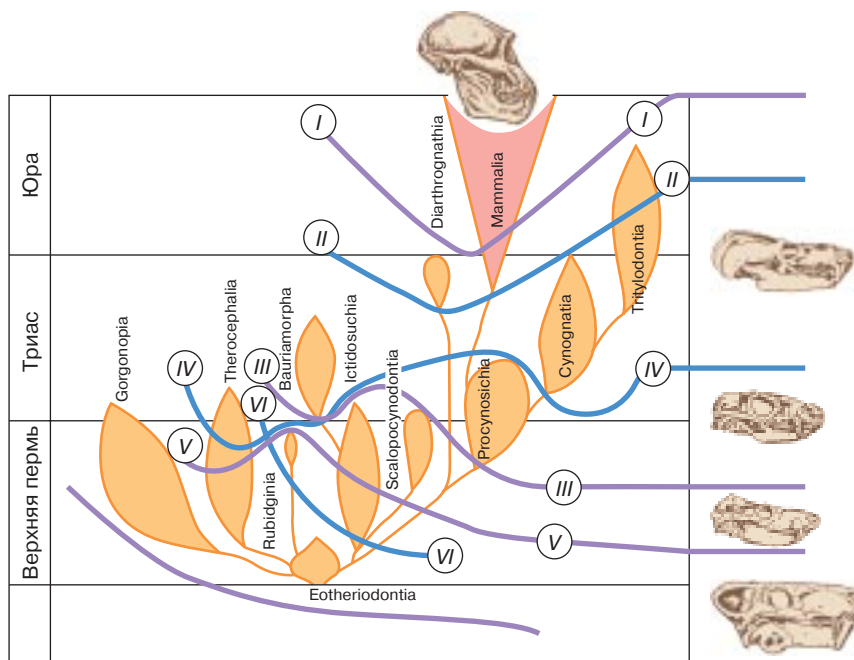


Рис. 6. Уровни появления признаков млекопитающих в разных группах вымерших пресмыкающихся – териодонтов (зверозубых) по Л.П. Татаринovu. Кривые, пересекающие филогенетические линии, соответствуют уровням (градом), на которых приобретались характерные для млекопитающих признаки; I – звукопроводящий аппарат из трех слуховых косточек, II – челюстное сочленение между зубной и чешуйчатой костями, III – мягкие, снабженные собственной мускулатурой губы, IV – несколько расширенные большие полушария головного мозга, V – трехбугорчатые щечные зубы, VI – верхние обонятельные раковины

Таким образом, исследования последнего десятилетия в палеонтологии дали возможность коренным образом изменить наши представления по двум основным позициям. Во-первых, в результате интенсивного изучения докембрия стало ясно, что появление высокоорганизованных форм жизни происходило гораздо раньше, чем мы обычно себе представляли. И во-вторых, развитие работ по изучению исторических закономерностей эволюции биосферы (а это возможно только на палеонтологическом материале) ясно показало, что биосфера является хорошо сбалансированной, циклически развивающейся авторегулируемой системой, которая пережила все внешние возмущения за 4,5 млрд лет существования Земли. Стало ясно, что только изучение естественных трендов эволюции компонентов биосферы и симптомов кризисов прошлого может дать реальное представление экологической стратегии поведения человека в условиях антропогенного кризиса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воробьева Э.И.* Проблема происхождения наземных позвоночных. М.: Наука, 1992.
2. *Красилов В.А.* Происхождение и ранняя эволюция цветковых растений. М.: Наука, 1989.
3. *Наймарк Т.Б., Пономаренко А.Г., Раутиан А.С., Розанов А.Ю.* Экосистемные перестройки и эволюция био-

сферы // Глобальные изменения природной среды и климата / Под ред. Н.П. Лаврова. М., 1997.

4. *Розанов А.Ю.* Что произошло 600 миллионов лет назад. М.: Наука, 1986.

5. *Розанов А.Ю., Заварзин Г.А.* Бактериальная палеонтология // Вестн. РАН. 1997. Т. 67, № 3.

6. *Соколов Б.С., Федонкин М.А.* И еще 100 миллионов лет // Наука в СССР. 1983. № 5.

7. Современная палеонтология. М.: Недра, 1988. Т. 1.

8. Современная палеонтология. М.: Недра, 1988. Т. 2.

9. *Kurochkin E.N.* Synopsis of Mesozoic Birds and Early Evolution of Class Aves // Archaeopteryx. München, 1995. Vol. 13.

10. Earth's Earliest Biosphere its Origin and Evolution / Ed. W. Schopf. Princeton (N. J.): Princeton Univ. Press, 1983.

* * *

Алексей Юрьевич Розанов, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры палеонтологии МГУ, член-корреспондент РАН, директор Палеонтологического института РАН. Область научных интересов – палеонтология, палеогеография и стратиграфия верхнего докембрия и кембрия, эволюция биосферы, бактериальная палеонтология, астробиология. Автор более 280 работ, включая 21 монографию.