АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ТРУДЫ ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

ТОМ XXIV

И. А. ЕФРЕМОВ

ТАФОНОМИЯ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЛЕТОПИСЬ

Книга 1

ЗАХОРОНЕНИЕ НАЗЕМНЫХ ФАУН В ПАЛЕОЗОЕ

(с 4 таблицами и 45 рисунками в тексте)

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1950 ЛЕНИНГРАД

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
Ю. А. ОРЛОВ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая работа представляет собою дальнейшее развитие учения о захоронении и образовании местонахождений ископаемых животных и растений, выделенного мною (Ефремов 1940) в особый раздел палеонтологии — тафономию (от греческих слов: тафо — захоронять и номос — закон). Образование местонахождений — переход органических остатков из биосферы в литосферу — осуществляется процессами, происходящими, с одной стороны, в биосфере, с другой — в литосфере. Поэтому изучение закономерностей захоронения занимает как бы пограничную область между геологией и биологией.

Динамика населения, образование концентраций живых существ или их трупов, массовая гибель, распределение и деструкция остатков в пределах биосферы — все эти вопросы обычно лежат вне поля зрения палеонтолога. Равным образом, генезис осадков с включенными в них органическими остатками, гидромеханическое распределение остатков, процессы литификации, связанные с фоссилизацией, и дальнейшая история накопленных осадочных образований —вопросы, составляющие задачу геолога, мало соприкасающиеся с палеонтологией и вовсе уже незнакомые биологу. В итоге получается разрыв фактического материала конкретного явления между различными дисциплинами, не связанными общими методами изучения. Тафономия, пользуясь методами исторической геологии и биологии, должна воссоединить их на своем материале и тем заполнить разрыв в деле изучения местонахождений, обеспечив возможно более разностороннее освещение многогранных процессов формирования этих палеонтологических документов. Выделение особого раздела палеонтологии в вышеназванных целях диктуется назревшей необходимостью. Материал, доставляемый палеонтологии геологической летописью, обязательно неполон. Помимо неполноты самих остатков, сохраняющих обычно лишь твердые скелетные части, та часть органического мира, которая доходит до нас захороненной в осадках прошлого, соответствует лишь весьма малой доле ранее существовавших флоры и фауны. Эта неполнота геологической летописи, точно охарактеризованная Дарвином, обусловливает крайне важное значение местонахождений как документов палеонтологии, обладающих не меньшей значимостью, чем сами ископаемые остатки. Каждое местонахождение ископаемых остатков является для нас как бы окном, через которое мы после детального исследования можем заглянуть в прошлое, окном, которое даст возможность через литосферу уловить тени биосферы минувших геологических эпох. Этот новый и, пожалуй, единственный путь, как бы противоположный непосредственному морфологическому исследованию, начал прокладываться палеонтологами совсем недавно. Не случайным является возникновение тафономического направления палеонтологии именно в нашей стране. Признание значения внешней среды как крупнейшего определяющего фактора эволюции органического

мира повлекло за собой необходимость всемерного изучения условий внешней среды в прошлые геологические эпохи.

Однако в палеонтологических работах биологического направления мы зачастую сталкиваемся с полным отрывом изучаемой «фауны» от среды ее обитания, т. е. той фактической документации, которая доставляется изучением вмещающих отложений методами геологических наук. С другой стороны, палеонтологические работы геологического направления, владеющие нужной геологической документацией, совершенно беспомощны в трактовке биологических данных для оценки той же внешней среды по функциональному строению ископаемых организмов. Поэтому с развивающимся требованием детального анализа условий внешней среды в палеонтологии оказалось необходимым как-то преодолеть этот разрыв одного и того же предмета на две разные дисциплины. Появление ошибок и разочарований в попытках дать исчерпывающий анализ внешних условий жизни организмов прошлого как через функциональный анализ биологических приспособлений, так и путем элементарной биостратиграфии, вызвало поиски нового пути, не ограничивающегося только детальным изучением органических остатков или смены фаунистических групп в различных слоях. Этот путь лежит через исследование местонахождений ископаемых животных и растений и составляет сущность тафономии.

Не случайно также, что тафономическое исследование местонахождений развилось у палеонтологов, изучавших древнейшие наземные флоры и фауны в континентальных отложениях. Залегание остатков в породах, обычно не отражающих жизненных условий наземных организмов, крайняя редкость находок, огромное влияние деструктивных процессов в колоссальных промежутках времени неизбежно должны были вызвать стремление к познанию закономерностей сохранения палеонтологических документов в геологической летописи. Новый раздел палеонтологии — тафономия, представляющая собой изучение вопросов палеонтологии через познание местонахождений — этой второй половины документации геологической летописи, посвящена с своих первых шагов выяснению закономерностей захоронения в континентальных осадках и на материках, преимущественно древнейших позвоночных. Разумеется, тафономия в равной степени приложима и к морским осадкам и фаунам. Однако процессы, действовавшие в создании местонахождений морской фауны в морских осадках, имеют, как мы увидим ниже, иной характер, нежели для континентальных толщ. Приложение тафономии к анализу геологической летописи морских отложений составит следующую ступень развития этой новой отрасли палеонтологии и исторической геологии.

Материал по геологической летописи материков прошлого ввиду его большого объема пришлось разбить на две книги. В настоящей, первой книге рассматриваются некоторые общие вопросы тафономии, выделяется параллельная тафономии новая отрасль исторической геологии — литолеймономия, дается обзор главнейших местонахождений наземных позвоночных палеозоя и сравнительный анализ мезозойских и кайнозойских местонахождений с проистекающими из него общими выводами о закономерностях захоронения, типах местонахождений, процессах их вскрытия, реконструкции жизненных обстановок и ландшафтов прошлого, равно как и некоторые замечания о влиянии тафономической точки зрения на общие вопросы эволюции и географического распространения наземных позвоночных. В заключение приводится краткая характеристика путей и методов тафономических исследований.

Вторая книга будет посвящена мезозойским и кайнозойским местонахождениям и вопросам глубококонтинентальных типов захоронения, реконструкции ландшафтов и тафономическим поправкам к вопросам

эволюции фаун наземных позвоночных мезозоя и кайнозоя. Также будет уделено значительное внимание первичным вопросам тафономии морских позвоночных и беспозвоночных и литолеймономии морских осадков.

Настоящая книга написана в 1943 г. Задержка с ее опубликованием явилась результатом как общих условий военного времени, так и, позднее,— невозможности быстрой доработки рукописи вследствие занятости автора другими работами.

Рукопись в ее первоначальной редакции была прочитана рядом специалистов, давших мне много полезных критических замечаний. Считаю необходимым выразить благодарность Р. Ф. Геккеру, В. И. Громову, Л. Ш. Давиташвили, Д. В. Наливкину, Л. В. Пустовалову, Н. М. Страхову, А. В. Хабакову и Н. С. Шатскому за внимательное рассмотрение работы и деловую критику.

Должен еще раз подчеркнуть, что настоящая работа отнюдь не претендует на всестороннее и исчерпывающее рассмотрение в с е г о круга вопросов, для которых применима тафономическая методика изучения. Тафономия, особенно важная для континентальных фаун и отложений, начала развиваться мною на материале палеозойских местонахождений и, естественно, наибольшее количество наблюдений накоплено именно на этом материале.

Задачей первой книги является дальнейшее развитие тафономических методов в порядке первичной постановки новых вопросов и развития первоначально наметившихся идей. Для исчерпывающего исследования еще не пришло время хотя бы потому, что изучение местонахождений представляет собою отрасль палеонтологии, только что начавшую развиваться, главным образом в нашей стране. Поэтому местонахождения, сколько-нибудь подробно изученные, насчитываются единицами.

По тем же соображениям фактически невозможно дать детальный обзор всех местонахождений палеозоя, ибо материал по ним крайне неравноценен и несопоставим. Полный обзор местонахождений не приводится мною еще по тем причинам, что описание всех местонахождений палеозоя, с привлечением материала по литологии в нужной для убедительности подробности, представляет собою труд, объемом превосходящий в несколько раз настоящую книгу и совсем уже неудобный как для напечатания, так и для усвоения. Поэтому мне приходится в ущерб твердости фактического обоснования ограничиться лишь общим обзором наиболее выдающихся местонахождений.

Как правило, я избегал широкого пользования тектонической и геоморфологической терминологией по следующим причинам:

1. Работа обсуждает преимущественно процессы геологической деструкции, на которые обычно обращалось мало внимания при выработке тектонической и геоморфологической терминологии, посвященной главным образом конструктивной стороне геологических процессов.

2. Тафономия и ее методы требуют работ значительно большей детальности, чем обычные геотектонические и геоморфологические исследования. Поэтому геотектонические построения, а с ними и специальная терминология, слишком общи для того, чтобы быть непосредственно использованными тафономией.

Нужная терминология несомненно будет выработана в дальнейших исследованиях. Для того чтобы не создавать в будущем ненужной путаницы, я намеренно избегал отождествления еще не установившихся, «сырых» понятий тафономии с терминами, уже прочно укрепившимися в исследованиях иной методики и иной целеустремленности.

Москва, сентябрь 1947 г.

ГЛАВА I

ИСТОЧНИКИ ТАФОНОМИИ

Со времен Дарвина, давшего ясное определение неполноты геологической летописи и наметившего основные причины этой неполноты, отдельные указания на особенности сохранения органических остатков в пластах земной коры встречаются в ряде работ геологов, палеонтологов и биологов. Нужно подчеркнуть, что Дарвин уже уяснил различие процессов захоронения в континентальных осадках и в морских отложениях, указав, что «открытие переходных форм было бы труднее на поднимающихся участках суши».

Геологи первые стали высказываться за возможность существования огромных пробелов в нашем познании жизни древнейших геологических эпох в связи с подмеченным отсутствием в летописи целого ряда фаций.

Неймайр (1903) указывал: «Очень мало вероятно, что в карбоновой формации фактически имело место значительно большее углеобразование, чем в другие времена. Мы неоднократно видели, что по причинам, которые мы еще недостаточно понимаем и знаем, некоторые формации встречаются преимущественно перед другими. Однако мы можем уже сейчас считать вероятным, что эта разница является недействительной, что самые различные образования существовали всегда в приблизительно одинаковой пропорции». Кажущиеся отклонения, по Неймайру, были связаны с поднятием материков и переменами в распределении воды и суши и, следовательно, угленосные осадки карбона случайно представлены в изобилии на поверхности современных континентов, в то время как таковые других периодов опущены под уровень моря или разрушены денудацией. В заключение Неймайр говорит: «Никто не станет отрицать гипотетичности такого разъяснения и не признает его за безусловно правильное. Это воззрение только совершенно равноправно противопоставляется такой же гипотезе, что образование углей в карбоне происходило в необычайно высокой степени. Возможность стоит против возможности; которая из них соответствует истине — пока еще нельзя решить».

Борьба между актуалистическим направлением в геологии и сторонниками принципа геологической неповторимости была чрезвычайно плодотворна для тафономии, так как сосредоточила внимание крупных исследователей на объяснении причин отсутствия многих фаций в древних осадочных напластованиях. Многие геологи на основе петрографических исследований осадочных пород видоизменили наши представления о происхождении континентальных осадков прошлого, показав, например, что отложения, принимавшиеся ранее за отложения пустынных субаэральных обстановок, являются на самом деле дельтовыми осадками [Пустовалов (1937), Личков (1931, 1932), Кенен (Koenen), Бринкман (Brinkmann

1926), Вепфер (Wepfer 1922 — 1923), Твенхофел (1932)]. Тектонисты показали, что в геологической летописи сохраняются далеко не все осадочные образования, а лишь те, которые получаются в результате наиболее крупных процессов седиментации. Палеогеографы в последнее время пришли к заключению о весьма значительных пробелах в сохранности осадков палеозоя, не говоря уже о более древних временах.

В некоторых работах палеонтологов и геологов мы находим соображения о процессах выпадения из захоронения как отдельных форм, так и целых сообществ. Много сделали в этом направлении и петрографы осадочных пород. Ботаники и палеоботаники в силу крайней отрывочности находок ископаемой флоры первые начали высказываться о возможности неожиданных открытий в более древних континентальных отложениях. Еще Кернер-Марилаун отец (1902) писал: «Опыляющиеся цветковые растения в каменноугольных слоях еще не найдены. Было бы глупо принять это за доказательство того, что в то время таких растений не было. То, что дошло до нас из этого периода, составляет, конечно, весьма малую часть растительного мира того времени и ограничивается, вероятно, флорой болот, которая была так же однообразна, как и в настоящее время».

Унгер настаивал на включении в исследования не только лучше сохранившихся отпечатков растений, но на использовании всех остатков, даваемых местонахождением. Этот ученый также считал, что наше знание богатства видов флоры прошлого имеет огромные пробелы. Саломон-Кальви (Salomon-Calvi) указал, что вопреки мнению большинства исследователей наличие скорпионов и многоножек в силуре являются показателем наличия постоянной наземной флоры. Остатки наземной флоры силура отмечены Сьюордом и Даусоном (Dawson 1871) из верхнего силура Англии и Канады. Харрассовиц (Harrassowitz 1926) показал на основе изучения латеритового выветривания, что в карбоне должна была существовать совершенно отличная от известной флоры болот типично наземная флора.

В. О. Ковалевский еще в 60-х годах прошлого столетия на основании палеобиологического анализа (присутствие большого количества крупных жвачных млекопитающих) доказал, что в растительном покрове третичного времени должны были существовать обширные степные пространства со степной флорой, обычно выпадающей из захоронения. Такая же флора должна быть уже в мелу, из которого известна, однако, только флора сравнительно влажного климата. Кернер-Марилаун (Kerner-Marilaun 1934) обращает внимание на то, что количество ископаемых растений с толстокожими листьями значительно больше таковых с нежными наружными покровами. Это стоит в прямой связи с условиями сохранения растительных остатков. Захороненные в песке растения сохраняются лишь при исключительно благоприятных условиях, а от растений, росших на склонах и галько, ничего в геологической летописи не осталось. Подобная выборочность захоронения растительных остатков в углях подробно разобрана Тиссеном (Thiessen and White 1913). Изучение угольных месторождений дало очень большой и важный материал для тафономии. Особенно интересны новейшие работы советских геологов-угольщиков — Ю. А. Жемчужникова (1948 а, б, в) и других, посвященные анализу условий образования некоторых угольных месторождений СССР. К сожалению, эти работы до сих пор остаются неопубликованными. По общим вопросам захоронения растительных остатков отметим работы Уайта (White 1933), Потонье (1934) и Дюпарка (Duparque 1933). При изучении условий захоронения растительных и животных остатков очень важное значение приобретают вопросы сохранения древних почв в континентальных осадках. Советские почвоведы в последнее время уделяют этим вопросам

большое внимание и собрали много интересных фактов. Отметим крупную еще неопубликованную работу В. А. Ковда, специально посвященную древним почвам, погребенным в континентальных осадках.

Уничтожение животных остатков в процессах захоронения также обсуждалось многими учеными. Вальтер считает, что из всех животных остатков немногие так мало способны сохраниться, как рифовые кораллы — как от разрушающих воздействий прибоя, так и от позднейших процессов фоссилизации. Вепфером (Wepfer 1916) даны точные формулировки зависимости сохранения известковых скелетных частей морских животных от быстроты захоронения. Процесс отложения на дне моря в прошлом происходил иногда так медленно, что скелетные остатки нацело растворялись. Поэтому если бедные ископаемыми или немые слои сменяются богатыми остатками напластованиями, то в отдельных случаях это может указывать лишь на наступившую быструю седиментацию, а не на поселение новой фауны. По Андре (Andree 1924), это обстоятельство имеет особенную силу для глубоководных областей, где медленность осадкообразования ведет к неминуемому растворению скелетов. Поэтому в эвпелагических областях от нектона встречаются только зубы рыб. Некропланктон, несмотря на его широкое распространение, захороняется лишь в литоральных отложениях. Дееке (Deecke 1923) указывает, что многие животные, обладающие открытой лишь с одной стороны раковиной или панцырем, как гастроподы или морские ежи, после смерти могут подниматься газами разложения на поверхность воды и далеко уноситься, выпадая, таким образом, из состава захороненной фауны. Содержащие воздух раковины наутилид и аммоней после разложения тела животных также всплывают и переносятся на значительные расстояния, образуя скопления вне прижизненных обстановок.

Примеров, подобных вышеприведенным, можно назвать много. Все они с той и другой стороны освещают вопросы сохранения органических остатков в процессах осадконакопления.

Вейгельт (Weigelt 1927в) выделил особый раздел палеонтологии и стратиграфии — биостратономию, занимающуюся анализом закономерностей распределения органических остатков в породах.

Для познания условий захоронения в морских осадках весьма большое значение имеет палеоэкологическое направление в палеонтологии, успешно начатое разработкой в СССР, в основном Геккером (1941, 1948а, 1948б и 1948в). Работы Геккера и его сотрудников, посвященные детальному анализу распределения морской беспозвоночной фауны девона Русской платформы и палеогена Ферганской впадины по соответствующим горизонтам и фациям, дают весьма важную фактическую основу для анализа закономерностей захоронения в морских осадках. Исследование юрского озера Каратау уже непосредственно касается континентальных осадков.

В последнем двадцатилетии появляются более крупные исследования, специально посвященные отдельным вопросам захоронения ископаемых животных. В качестве такового можно назвать «Фоссилизацию» Дееке (Deecke 1923), представляющую собой сводку известных данных по фоссилизации органических остатков. Несмотря на обширную использованную литературу основные вопросы фоссилизации у Дееке еще очень далеки от разрешения, не намечена даже методика дальнейших исследований. Вепфер (Wepfer 1923) опубликовал монографию, посвященную захоронению крупных стегоцефалов-мастодонзавров в пестром песчанике Германии. Эта работа содержит в себе уже многие элементы тафономического изучения. Вепфер доказывает накопление остатков мастодонзавров в результате периодической массовой гибели в дельто-лагунных областях осадконакопления, далеко от места своего обитания. В своей работе Вепфер

пользуется методами осадочной петрографии, палеогеографических и палеоклиматических построений. Сравнительный анализ фактов, наблюдаемых при изучении местонахождений, не мог быть выполнен без привлечения наблюдений над современными случаями захоронения. Этим наблюдениям был посвящен ряд небольших статей как биологов, так и палеонтологов, описавших отдельные наблюдения над гибелью и захоронением современных животных. Абель (Abel 1935), объединив ранее напечатанные мелкие заметки и отдельные высказывания, опубликовал большую сводку наблюдений над следами жизни ископаемых животных, полученными при детальном исследовании напластований. Вейгельт (Weigelt 1927a) посвятил целую книгу вопросу нахождения трупов современных позвоночных в природе, причинам массовой гибели и палеобиологическому значению имеющихся наблюдений, однако вывести какие-либо общие закономерности автору не удалось. Рихтер (Richter 1928) выделил самостоятельную науку — актуопалеонтологию, отграничив изучение современного захоронения животных от палеобиологии. В этом отделении получился разрыв между современным захоронением и захоронением в геологическом прошлом, почему актуопалеонтология явилась разделом науки, оторванным от исторической базы, т. е. от собственно палеонтологии. При крайне широком и расплывчатом охвате многочисленных вопросов биологии современных форм в актуопалеонтологии отсутствует сравнительный анализ процессов захоронения в прошлом и настоящем.

Изучение местонахождений при раскопках вымерших позвоночных, впервые начатое Амалицким в России, с успехом продолжалось советскими палеонтологами.

Ефремов (1940) после отдельных статей о процессах захоронения древнейших наземных позвоночных (1933, 1935, 1936, 1939) дал критику актуопалеонтологии и выделил новую отрасль палеонтологии — тафономию.

Приведенный краткий обзор соединенных усилий геологов и палеонтологов, направленных на познание процессов захоронения, был бы неполон, если не упомянуть о работе биологов, разрабатывающих одну очень важную для тафономии отрасль экологии — динамику современной фауны (Elton 1927, 1931; Nicholson 1933). Правда, в подавляющем большинстве случаев эти работы ограничиваются простой фиксацией нередко противоречивых наблюдений, эпизодичны и за отсутствием разработанного сравнительного метода к тафономии непосредственно не приложимы. Однако учет фауны, карты плотности населения по отдельным биотопам, учет характера гибели и количества погибающих особей — работы, производимые крупными заповедниками, — несомненно накапливают материал, чрезвычайно важный для познания закономерностей захоронения. В качестве первой попытки обобщения и систематизации подобного материала назовем книгу С. А. Северцова (1941), где динамика населения подвергается анализу с точки зрения эволюционной биологии. Отсюда еще один шаг к непосредственному приложению современных наблюдений в тафономии.

Наибольшие затруднения в изучении процессов захоронения и представляет выведение основных закономерностей современного захоронения. Для этого необходимо свести воедино наблюдения над динамикой населения, индивидуальной и массовой гибелью и рассеиванием остатков животных вместе с наблюдениями над современным осадкообразованием в одной и той же местности. В этом отношении еще почти ничего не сделано. Тафономия гораздо более сильна в отношении прошлого захоронения, чем настоящего. В первом уже накопился значительный материал, во втором приходится довольствоваться отдельными, нередко непроверенными фактами. Развитие биологической стороны тафономических исследований является главным условием дальнейших успехов тафономии.

ГЛАВА II

ОБЗОР ГЛАВНЕЙШИХ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ И ТИПОВ НАХОЖДЕНИЯ ФЛОР В ПАЛЕОЗОЕ

Как уже отмечалось выше, изученность местонахождений находится на очень низком уровне вследствие удивительного пренебрежения этими важнейшими документами геологической летописи. Так, почти совершенно отсутствуют наблюдения над распределением и сохранностью остатков во вмещающих породах по большинству наиболее крупных местонахождений.

Геологическое и литологическое изучение костеносных толщ, как правило, произведено в отрыве от изучения самих местонахождений. Поэтому данные геологических исследований далеко не всегда могут быть увязаны с местонахождениями. Еще более затруднительным является сопряжение имеющихся литологических данных с непосредственно костеносными породами, так как по странному стечению обстоятельств именно эти породы почти нигде не подвергались литологическим исследованиям. Повидимому, геологи считали костеносные слои уже достаточно охарактеризованными наличием органических остатков и подвергали более подробному исследованию другие, «немые» свиты.

Несколько лучше обстоит дело с местонахождениями флор, вследствие наличия в них промышленных скоплений углей, и с местонахождениями четвертичного времени. Трудности четвертичной стратиграфии заставили применять весьма детальное изучение последних.

По совокупности перечисленных причин накопленный по местонахождениям континентальных фаций материал отрывочен, неравноценен и зачастую несопоставим. Поэтому в настоящий момент не имеется возможности дать столь необходимую для тафономии сводку анализа всех основных местонахождений наземных флор и фаун.

В этой главе мы лишь разберем основные черты важнейших местонахождений палеозоя по системам, что даст возможность выявить некоторые закономерности сохранения органических остатков в континентальных толщах в первичной формулировке, соответствующей еще малому накоплению точных фактов.

1. Силур

Наиболее древними местонахождениями позвоночных, известными до сих пор, являются местонахождения остатков панцырных рыб нижнего силура (ордовика), которых известно небольшое число, причем в наиболее детально изученных областях Европы и Северной Америки. В пределах других континентов нижнесилурийские местонахождения еще не найдены,

Что отнюдь не исключает возможности их открытия в дальнейшем. Однако ничтожное распространение нижнесилурийских рыбных местонахождений в комплексе осадочных свит современных материков все равно остается несомненным.

В Европе нижнесилурийские местонахождения встречены только в пределах СССР. Это известные глауконитовые пески Прибалтики, в которых изредка встречаются зубообразные остатки кожного панцыря, вероятно принадлежащие (по мнению Д. В. Обручева) рыбам типа телодонтид.

Глауконитовые пески рассматриваются в настоящее время как мелководные морские отложения прибрежных фаций трансгрессирующего моря.

В Северной Америке известны более богатые местонахождения. В песчаниках Хардинг в Колорадо и соответствующих им стратиграфически и фациально слоях Биг Хорн, Дженнисон и Охайо Сити (Колорадо) встречаются скопления разрозненных щитков и чешуй наружного скелета древнейших панцырных рыб: *Astraspis*, *Eryptychius* и зубообразные чешуи типа *Thelodus*. Песчаники Хардинг — белые сахаровидные песчаники, залегающие несогласно на докембрийских слоях и покрывающиеся известняками с типичной нижнесилурийской фауной морских беспозвоночных.

Вместе с остатками рыб костеносный слой содержит большое количество морских беспозвоночных. Нижний костеносный песчаник представляет собою отложение береговой линии трансгрессирующего моря. Выше лежит слой более плотного, сильно известковистого песчаника с морскими беспозвоночными, чешуями рыб и множеством ходов червей. Еще выше следуют грубозернистые пески, содержащие фрагменты наиболее крупных остатков панцырных рыб. В целом, перечисленные местонахождения представляют собою морские литоральные образования. Остатки рыб, по мнению большинства исследователей, принесены пресноводными потоками или вынесены сильными течениями из эстуариев, как то показывают верхние пески Хардинг.

В более высоких, нежели ордовичские, горизонтах силура найдено много больше местонахождений несколько иного характера.

Довольно значительные скопления остатков панцырных рыб найдены в СССР в Прибалтике (о. Сааремаа), в Сибири — на Енисее (Курейка) и в последнее время в бассейне р. Колымы. Крупные местонахождения известны в Англии (Лудлоу, Пентленд), Норвегии, Шпицбергене, Северной Америке (Отисвилл, в ниагарской серии в Пенсильвании, Нерепис Хилл в Нью Брунсвике и т. д.).

Костеносные слои довольно разнообразны и представлены песчаниками, глинистыми сланцами, известняками, реже доломитами и даже конгломератами. Распространен тип английских местонахождений Лудлоу, где остатки панцырей рыб залегают послойными скоплениями разрозненных фрагментов, образуя костяные «брекчии» или «бонебед». В более верхних горизонтах типа Сааремаа или Даунтона (Пентленд) встречаются полные скелеты и отпечатки прекрасной сохранности, свидетельствующие об отсутствии посмертных перемещений остатков и образовании местонахождений непосредственно в области гибели рыб.

Остаткам рыб почти во всех местонахождениях сопутствуют гигантские ракоскорпионы (эвриптериды), нередко в весьма значительных количествах, часто встречаются ходы червей. В Лудлоу обнаружены и остатки наземных беспозвоночных (скорпион *Palaeophonus* и многоножка *Archidesmus*). Однако наиболее интересно то, что, за очень редкими исключениями, костеносные слои всех этих местонахождений не содержат остатков морских беспозвоночных, хотя и переплетаются с морскими известняками, буквально переполненными раковинами беспозвоночных.

На о. Сааремаа костеносный пласт залегает между двумя слоями известняка с обильной морской фауной, но не содержит ее сам.

Панцырные рыбы принадлежат к разным группам: цефаласпидам, птераспидам и анаспидам, остатки представителей которых зачастую смешаны в одном и том же костеносном прослое.

Свиты слоев, в которых залегают костеносные прослои, являются несомненно отложениями моря, иногда довольно глубокого. Так, группа английских и норвежских местонахождений находится в области грампианской геосинклинали, в то время как другие образовывались в области эпиконтинентальных (платформенных) морей. Несмотря на различный характер осадочных толщ, вмещающих местонахождения верхнего силура, у всех последних есть общие объединяющие их черты. Костеносные фации тесно связаны с типично морскими осадками, но в то же время по своему происхождению несомненно являются продуктами дальних выносов материковых вод, вклинивающихся как в геосинклинальные области, так и в прибрежные районы мелких платформенных морей. Это обстоятельство обычно служит доказательством пресноводного происхождения рыб, но может быть, как это будет показано в дальнейшем, истолковано и принципиально другим образом.

Если мы обратимся к местонахождениям флоры силура, то также увидим, что настоящих континентальных фаций в силуре неизвестно. Остатки несомненно наземной флоры, притом довольно высоко организованной, находятся в условиях, сходных с условиями залегания остатков панцырных рыб в морских отложениях, как, например, местонахождение о. Готланда в Швеции с *Psilophyton hedei*.

Более богатое местонахождение в провинции Виктория в Австралии содержит остатки высокоорганизованных наземных форм — *Barangwanatia*, *Jarravia* и еще одной формы типа *Hostimella*. Остатки растений залегают в темных глинистых и песчано-глинистых сланцах вместе с многочисленными граптолитами среди морской толщи. Местонахождение, повидимому, образовалось в сравнительно удаленной от материка зоне моря, путем далекого переноса растительных остатков.

2. Девон

В девонских отложениях мы впервые встречаем местонахождения наземных позвоночных. Если при рассмотрении силурийских местонахождений мы могли только обращаться к местонахождениям рыб и говорить о большей или меньшей близости костеносных фаций к прибрежно-материковой зоне, то в девоне характер местонахождений позвоночных значительно изменяется и, одновременно, сильно возрастает количество известных местонахождений.

Распространение костеносных отложений с остатками рыб в девоне настолько широко, что эти формы приобретают крупное стратиграфическое значение и девонская система справедливо называется веком рыб. Количество остатков рыб, захороненных в девонских местонахождениях, нередко достигает поражающей величины. Так, в известных горизонтах среднего и верхнего девона на Русской платформе, в Ленинградской, Псковской и Новгородской областях и в Прибалтике встречаются довольно мощные слои, переполненные остатками панцырных щитов рыб, захороненных в количестве сотен тысяч особей.

В девоне впервые распространяются своеобразные костеносные фации, представленные красноцветными и серыми слюдистыми песчаниками, песчано-глинистыми сланцами и, реже, конгломератами, слагающими мощные и распространенные серии пород континентального типа — эврили-

темы,[1] известные под именем древнего красного песчаника или олдреда. Эти отложения, трактовавшиеся ранее как наземные и даже пустынные, по всем последним данным являются осадками лагунных, прибрежно-морских фаций, располагавшихся в непосредственной близости каледонских горных сооружений в зонах устойчивого опускания. Условия, в которых отлагались эти осадки, сравнимы с условиями предгорных впадин, с той существенной особенностью, что область впадины располагалась в пределах окраины морского бассейна и представляла собою цепь мелких лагун, открытых свободному доступу больших масс сносимых с материка осадков.

Фациям древнего красного песчаника принадлежит значительная доля всех девонских местонахождений панцырных рыб.

Таковы ранее всех известные местонахождения Шотландии, Англии (Уэльс), Норвегии (Осло), Бельгии (Намюр), Рейнской области в Европе; Акадии, Новой Шотландии, Кэтскилл, бухты Скауменэк и др. в Северной Америке и т. п.

Крупнейшие местонахождения Русской платформы в Ленинградской, Псковской и Новгородской областях и Прибалтике в общем принадлежат к этому же типу, но отличаются несколько иным характером, соответственно своему расположению в области платформенного морского бассейна, а не на границах геосинклинали, как большинство из перечисленных выше. Соответственно меньшей скорости осадконакопления мощность костеносной толщи здесь значительно меньше и континентальный характер ее выражен менее резко, что также соответствует большему удалению от горных массивов. Это осадки больших лагун, далеко вклинивающиеся в морские отложения и нередко тесно переплетающиеся с ними.

В местонахождениях типа древнего красного песчаника находится множество остатков рыб групп цефаласпид и птераспид, кистеперых, телодонтид, акантодов, двоякодышащих и примитивных артродир.

В более поздних, верхнедевонских местонахождениях отмечается подавляющее преобладание *Bothriolepis* — формы, наиболее многочисленной и распространенной почти во всех местонахождениях, а также крупных кистеперых и двоякодышащих.

Сохранность остатков зачастую совершенно поразительна, особенно на Русской платформе, что дало возможность изучить эти формы с исчерпывающей детальностью.

В большинстве типичных местонахождений красноцветных фаций остатки костей светлые, с хорошо сохранившейся поверхностью, указывают на быстрое захоронение. В то же время остатки, хотя и хорошо фоссилизированы, но смещены и разрознены, нагромождены друг на друга, образуя брекчиевидные костеносные прослои.

Вместе с рыбами встречаются в большом количестве эвриптериды, эвригалинные мелкие брахиоподы *Lingula*, а также *Conularia*, древние пластинчатожаберные, иногда многоножки. Много остатков наземной флоры (*Psilophyton*, *Rhynia*, *Hornea* и др.). Изредка попадаются прослои, богатые остатками типично морских брахиопод.

Систематического изучения этих богатых местонахождений не велось и не ведется, за исключением СССР, где работы Д. В. Обручева и Р. Ф. Геккера доставили много данных по строению и генезису местонахождений.

Помимо фаций древнего красного песчаника, местонахождения девонских рыб известны и в более типичных морских осадках.

---

[1] Эврилитема — мощная серия, разнообразная по мелким фациям, но отложенная одной геотектонической области, в один период осадконакопления.

Наиболее распространены черные сланцы и доломитовые известняки, залегающие среди известняковых толщ, богатых остатками морских беспозвоночных. Таковы некоторые местонахождения Рейнской области, многие местонахождения Северной Америки (Блэксмит—нижний девон; Онондага, Гамильтон, Минеола и др.— средний девон; знаменитые богатые местонахождения верхнего девона — озеро Кьюга, штат Нью-Йорк; сланцы Аттика в области Буффало; Гуронские сланцы в Огайо; Кливлендские сланцы — самое богатое из всех; в Канаде — песчаники бухты Джаспе).

Во всех местонахождениях морского происхождения среди рыб преобладают акуловые, представленные главным образом формами *Cladodus*, *Ctenacanthus*, *Phoebodus* группы кладодонтид, а также артродиры — *Coccosteus*, *Dinichthys*, *Milostoma* и др. Редки остатки лучеперых, так называемых «ганоидов» типа *Rhadinichthys*, *Actinophorus*, иногда кистеперых и гетеростраков.

Остатки рыб обладают сравнительно плохой сохранностью соответственно с более медленной седиментацией и сильным последующим уплотнением осадков.

Богатых скоплений, подобных скоплениям местонахождений типа олдреда, не наблюдается. Остатки или разрознены и рассеяны по плоскостям напластования сланцев, или встречаются в виде отпечатков целых трупов, где при плохой сохранности самого костного вещества хорошо сохраняется контур мягких частей, что не наблюдается обычно в местонахождениях олдреда.

Примером могут служить местонахождения кобленцского яруса Рейнской провинции, где наряду с разрозненными остатками кладодонтид, птераспид и примитивных артродир найдены полностью сохранившиеся экземпляры *Gemündina* — особой формы артродир, другие родичи которой известны в слоях Онондага в Северной Америке.

Слои, содержащие костные остатки, зачастую переполнены морскими беспозвоночными, но также нередко содержат и большое количество остатков наземной флоры. Типичные разрезы показывают, что костеносные горизонты несомненно имеют связь с терригенными фациями и что их можно рассматривать как образовавшиеся в краевых зонах влияния пресных вод, в области прибрежья.

Рассмотренные нами два основных типа местонахождений девонских рыб, разумеется, не исчерпывают разнообразия всех имеющихся типов. Однако другие известные местонахождения, все без исключения, укладываются в схему промежуточного между этими двумя главными типами строения.

Это явствует из схемы классификации девонских местонахождений, даваемой Ромером (Romer 1935), который выводит следующие 4 типа:

1. Местонахождения или находки, которые твердо доказывают пресноводное происхождение.

2. Местонахождения, в которых признаки указывают столько же на дельтовое, как и на эстуарийное или вообще солоноватоводное происхождение. Для примера, это такие, в которых находятся в небольшом количестве солоноватоводные или морские беспозвоночные, и хотя фауна рыб состоит главным образом из встречающихся в осадках, приносимых реками, но некоторая примесь морских форм не невероятна.

3. Местонахождения, которые явно показывают на отложение в морской воде, однако при наличии ряда признаков условий прибрежной зоны. В таких отложениях главная часть фауны представлена морскими формами при незначительной примеси пресноводных форм и форм эвригалинных.

4. Местонахождения типично морские, в которых присутствие трупов пресноводных форм наблюдается редко.

Эта классификация указывает на наличие переходных типов, хотя во многом ошибочна, что будет видно в дальнейшем при рассмотрении общих закономерностей захоронения. Сейчас необходимо только отметить обычную ошибку анализа местонахождений позвоночных, заключающуюся в том, что среда гибели и захоронения животных принимается за среду их обитания.

Другая ошибка Ромера — это введение первого типа местонахождений: пресноводного или речного происхождения. Во всем большом материале по девонским местонахождениям нет ни одного примера, неоспоримо указывающего на несомненно речное происхождение.

Интересны местонахождения девонских рыб Южной Африки, принадлежащие ко второму из рассмотренных типов. Мощная серия Ватерберг, сложенная косослоистыми песчаниками с волноприбойными знаками и конгломератами и представляющая собою, в известной мере, аналогичное олдреду отложение лагун поблизости от гор на окраине геосинклинали Самфрау, содержит остатки рыб только в известняковых прослоях, вклинивающихся в толщу с востока, со стороны геосинклинали, в то время как песчанистые фации совершенно не содержат ископаемых.

В верхнем девоне впервые появляются наземные позвоночные. До сих пор известно только единственное местонахождение в Восточной Гренландии, у горы Цельзия, если не считать сомнительного четвероногого *Elpistostege*, найденного в Канаде. Остатки наземных позвоночных — примитивных стегоцефалов-ихтиостегид — найдены в Гренландии в ассоциации с панцырными рыбами в типичной толще древнего красного песчаника. Замечательно, что столь древние четвероногие представлены крупными формами, как бы внезапно появившимися уже в полном развитии.

Костеносные отложения — мощная свита серых и красных песчаников с подчиненными тонкозернистыми песчанистыми сланцами, бедная остатками морских беспозвоночных. Кости рыб и девонских стегоцефалов рассеяны в толстых слоях мелкозернистых и среднезернистых аркозовых песчаников. (Исследования по биостратономии этого важнейшего местонахождения не опубликованы.)

Стегоцефалам сопутствуют обычные для местонахождений типа древнего красного песчаника формы: *Phyllolepis* из артродир, *Bothriolepis* и *Remigolepis* из антиарх. Более редки крупные кистеперые — *Holoptychius* и др., а также новые формы артродир. Верхние слои толщи, возможно относящиеся уже к карбону, представлены грубыми песчаниками, частью конгломератами. В песчаниках изредка встречаются окатанные стволы деревьев.

Таким образом, гренландское местонахождение девонских наземных позвоночных отличается постепенным усилением приноса континентальных осадков, можно сказать, выдвижением континентальных фаций в типичную лагуну олдреда. Весьма вероятно, что с этими особенностями местонахождения связано наличие в нем наземных форм, не найденных в других известных нам многочисленных местонахождениях типа древнего красного песчаника.

Местонахождения наземной флоры в девоне получают уже значительное распространение и зачастую залегают в тех же самых толщах, которые содержат местонахождения девонских рыб.

Так, например, наиболее интересным является местонахождение Райни в средних слоях древнего красного песчаника в Шотландии. Здесь открыто большое количество окремнелых стеблей, сохранившихся в мельчайших деталях. Некоторые из стеблей находились в своем естественном положении,

что дает основание думать, что местонахождение представляет собою сохранившуюся часть болота на окраине девонской лагуны. Известное сомнение вызывает нахождение большого количества целых стволов, повидимому, морской водоросли нематофитон. Главные формы этого местонахождения: *Rhynia*, *Hornea* и *Asteroxylon*.

Другие богатые местонахождения наземной флоры также залегают в толщах древнего красного песчаника, но принадлежат уже к верхнему девону. Таковы большие скопления отпечатков и стволиков в песчано-глинистых сланцах Земли Эллесмира и Медвежьего острова.

В СССР известно несколько местонахождений девонских наземных растений. Однако в большинстве случаев это незначительные скопления разрозненных растительных остатков, большей частью отпечатков. Таковы отдельные нахождения девонской флоры на Урале, в Воронежской области, в Казахстане и в Минусинской котловине. Растения, принадлежащие к родам *Asteroxylon*, *Psilophyton*, *Leptophloeum* и *Duisbergia*, залегают преимущественно в глинистых сланцах среди терригенных толщ песчаников и глин, отложенных в прибрежно-морских условиях, на что указывают прослои с фауной брахиопод и кораллов.

В девонских отложениях Кузнецкого бассейна известны пласты углей (сапромикситов), сложенные остатками псилофитов. Эти угли залегают в свите красных и серых песчаников и глинистых сланцев, переслаивающихся с известняками. В известняках и сланцах богатая фауна морских брахиопод.

Верхнедевонская наземная флора известна в СССР в Донецком бассейне, на Урале, по Енисею и в других местах. Остатки растений залегают в условиях, подобных описанным выше для древнедевонской флоры.

В других странах местонахождения флоры верхнего девона распространены от востока Северной Америки до Китая. Все они отличаются той же характерной связью с морскими отложениями, хотя и залегают в терригенных толщах. Состав флоры верхнего девона значительно богаче, чем нижнедевонской. Мы находим в ней папоротники, плауны, хвощи и птеридоспермы, многие формы которых развились уже в крупные деревья. Для девонской флоры характерно ее большое разнообразие в географически удаленных районах.

3. Карбон

Наши сведения о наземной жизни древних материков каменноугольного периода значительно возрастают. Если для более ранних эпох для общего суждения о местонахождениях того времени нам пришлось обратиться к фауне рыб, как единственно известных позвоночных, обитавших в наибольшем приближении к материкам, то для карбона имеется уже достаточное количество материала, чтобы судить о наземной фауне позвоночных.

Поэтому с карбона мы переходим к нашей непосредственной задаче — рассмотрению местонахождений наземных позвоночных, оставляя рыб вне поля зрения настоящей работы, посвященной тафономии материков палеозоя.

Для каменноугольного периода характерно обширное развитие угленосных толщ, мощные серии которых получают распространение почти по всей поверхности земного шара. Эти толщи по условиям своего образования принадлежат двум основным типам, конечно, при наличии многочисленных переходных образований.

Оба типа своим возникновением обязаны геотектоническим особенностям областей осадконакопления угленосных толщ.

К первому типу принадлежат паралические угленосные толщи, характерные наличием сравнительно маломощных, но весьма многочисленных

угольных пластов, залегающих в эврилитеме весьма большой мощности, порядка нескольких километров. Паралические угленосные толщи отлагались в условиях долговременных и закономерных пульсаций земной коры, типичных для геосинклинальных областей.

Другой тип угленосных толщ — лимнические толщи - - характеризуется небольшим количеством весьма мощных угольных пластов в маломощных вмещающих свитах. Это — платформенные бассейны, образовавшиеся в областях опускания с иным ритмом, нежели в геосинклинальных областях.

Большинство наиболее крупных угленосных эврилитем карбона принадлежит к паралическому типу. Равным образом, почти все известные в настоящее время местонахождения наземных позвоночных в угленосных толщах карбона залегают в паралических толщах. Это обстоятельство, как мы увидим далее, не является случайным.

Кроме угленосных толщ, в карбоне мы встречаем континентальные образования и неугленосного характера, образовавшиеся, повидимому, в условиях крупных предгорных впадин, с накоплением мощных серий осадков красноцветного типа, нередко связанных с эффузивными сериями. В качестве примера назовем нижнюю непродуктивную толщу Кузнецкого бассейна, песчано-конгломератовую свиту Минусинской котловины, сходные толщи Северо-восточного Казахстана и Киргизских степей, нижнюю свиту серии Талчир в Индии, замбезийский песчаник Африки, конгломераты Потсвилл в США и т. д.

Однако нигде еще в подобных образованиях не обнаружено местонахождений наземных позвоночных. Отчасти это стоит в связи с несравненно меньшей изученностью непродуктивных континентальных толщ по сравнению с угленосными, подвергающимися вскрытию в целях промышленной разработки.

Кроме угленосных отложений, нам известны местонахождения древнейших четвероногих еще в одном типе отложений, пользующемся в карбоне весьма широким распространением — в связанных с тиллитами ледниковых формациях южных материков, относящихся уже к концу карбона.

В иных фациях остатки наземных позвоночных не обнаружены.

Местонахождения наземных позвоночных нижнего карбона крайне редки и пользуются очень незначительным географическим распространением. Весьма интересно, что географически они связаны именно с теми областями окраины каледонской горной суши — Эрии, в которых в девоне отлагались мощные толщи своеобразных фаций древнего красного песчаника и где было открыто первое и единственное местонахождение девонских наземных позвоночных. За исключением одного местонахождения, недавно открытого в США, фауна наземных позвоночных нижнего карбона известна только из угленосных толщ Шотландии и Северной Англии (бассейны Нортумберлэнд, Кумберлэнд, северо-восточные районы Стаффордшира). Угленосные толщи паралического типа в начале своего отложения обнаруживают как бы некоторую преемственность девонской седиментации. Осадки в своем распространении приурочены к тем же самым областям лагун древнего красного песчаника.

Нижние горизонты характеризуются прослоями красноцветных пород, присутствием гипса и соли и покровами эффузивов. Интересно также присутствие в некоторых слоях отпечатков дождевых капель, указывающее на периодические пересыхания бассейнов. Угленосные фации сосредоточены в верхних горизонтах (мидлосские битуминозные сланцы), которые к северу замещаются песчаниками, а к югу и западу быстро выклиниваются, распространяясь только к востоку, где уходят под морское дно.

Благодаря сравнительно хорошей изученности угольных районов нет необходимости давать подробное описание угленосных свит (связанных с местонахождениями), содержащих остатки наземных позвоночных карбона.

Местонахождения нижнего карбона, равно как и подавляющее большинство местонахождений верхнего карбона, представляют собою линзы, почти никогда не залегающие в самих угольных пластах, а всегда в их кровле или почве. Равным образом, костеносные породы обычно не состоят из чистого угля или битуминозного сланца, а всегда содержат значительные примеси глинистых, карбонатных или железистых компонентов.

В других случаях остатки четвероногих находятся в своеобразных «каналах»— лентообразных линзах, заполненных глинисто-песчанистыми осадками и прорезающих угольные слои. В таких местонахождениях остатки четвероногих имеют наилучшую сохранность и сопровождаются раковинами пресноводных моллюсков и, реже, остатками насекомых, многоножек и паукообразных.

По приведенному распределению местонахождений в угленосных фациях можно заключить, что условия осаждения самих углей неблагоприятны для сохранения остатков животных. Необходимы другие обстановки седиментации, чтобы скопления животных остатков могли фоссилизироваться и образовать местонахождения. Эти другие условия мы видим в костеносных линзах, представлявших изолированные озерки или большие лужи, в которых благодаря поступлению и задержке в них известковых или железистых соединений нейтрализовалась разрушительная кислотность вод, характерная для углеобразующих осадков. В полном соответствии с этим мы видим, что растительные остатки хорошей сохранности встречаются в угленосных толщах только в подобных же условиях. «Каналы», или, вернее, длинные лентообразные линзы, содержащие остатки позвоночных, обязаны своим происхождением временным руслам пресных вод, затоплявших область углеобразования, видимо находившуюся в непосредственной близости дельты. В этом случае остатки животных захоронялись в плотных осадках, промытых пресной, не кислотной водой.

Для нижнекарбоновых местонахождений Шотландии и Северной Англии характерно захоронение в плоских линзах углистых сланцев со стяжениями черного железняка (блэк-бенд). Как это уже отмечалось для ихтиостегид девона, в нижнем карбоне как бы внезапно появляются крупные, зачастую уже весьма специализованные формы эмболомерных стегоцефалов (*Loxomma*, *Pholidogaster*, *Spaticephalus* и др.). Остатки их захоронены целыми скелетами или связанными комплексами частей скелетов вместе с остатками крупных рыб из группы кистеперых. Реже встречаются разрозненные остатки акуловых (Watson 1926).

В одном из местонахождений найдено бедро довольно крупного пресмыкающегося, повидимому из группы котилозавров — единственного известного в нижнем карбоне представителя этого класса.

К сожалению, мы располагаем весьма небольшим количеством сведений об этих древних местонахождениях, тем более, что никаких наблюдений над условиями залегания остатков не производилось. Находки были сделаны в старых шахтах, в двух случаях даже в находившихся под дном моря подземных работах. Разработка этих шахт давно закончена, материал перестал поступать еще в 80-х годах прошлого столетия. Таким образом, кроме небольшого количества подчас случайно собранных остатков, мы больше ничего не имеем от столь интересной и важной древнейшей фауны наземных позвоночных. Совершенно сходные соотношения мы имеем почти для всех местонахождений карбона, которые были открыты при разработке угольных шахт, а таких, как мы уже говорили выше, подав-

ляющее большинство. Подобная недоступность в настоящее время почти всех местонахождений карбона безусловно трагична, тем более что по странному стечению обстоятельств, несмотря на энергичнейшую разработку угленосных толщ во множестве стран, новых открытий подземных местонахождений тетрапод карбона до сих пор еще не сделано. Остается лишь надеяться на новые открытия или на то, что исследователи будущего, вооруженные большими средствами, вскроют старые шахты для изучения местонахождений и раскопок новых материалов.

Кроме английских местонахождений, остатки фауны наземных позвоночных нижнего карбона до сих пор найдены только в одном пункте США, в самые последние годы, близ Хинтопа, в Западной Виргинии. Вскрывающаяся там толща миссисипского возраста сложена красными песчанистыми сланцами, весьма сходными с типичными красными слоями низов перми, содержащими в США обильную фауну наземных позвоночных. Таким образом, местонахождение Хинтон имеет выдающийся интерес, так как в нем столь древние слои карбона представлены фациями совершенно иного характера, чем обычные для всех карбоновых местонахождений. Остатки наземных позвоночных весьма разрознены, обломочны и довольно плохой сохранности. Материал находится еще в стадии препаровки и точный состав фауны неизвестен. Повидимому, здесь имеются остатки крупных эмболомерных лабиринтодонтов типа антракозаврид, но есть еще и мелкие животные, вероятно совершенно новые формы, систематическое положение которых пока не выяснено.

Открытие местонахождения Хинтон дает основание надеяться на последующие находки остатков позвоночных и вне угленосных фаций.

В верхнем карбоне фауна наземных позвоночных встречена в угленосных толщах уже в большем числе пунктов и стран.

В Англии, Шотландии и Ирландии известны местонахождения крупных эмболомерных стегоцефалов в Стаффордшире, Ланкашире, Нортумберлэнде, Дерхеме.

Известное ирландское местонахождение Килькенни несколько отличается от английских, принадлежащих к тому же типу, что и вышеописанные нижнекарбоновые. Здесь, в угольном районе Лейнстер, в кровле главного пласта была вскрыта обширная плоская линза углистого сланца, переполненная остатками мелких стегоцефалов из группы нектридий и змеевидных форм, с сопутствующими более редкими и разрозненными остатками крупных эмболомерных лабиринтодонтов. Местонахождение образовалось в пресном озерке среди каменноугольного болота, постепенно занесенном речным илом, слагающим висячий бок местонахождения в виде глинистых и песчаных напластований до 6 м мощности.

Если мы обратимся к общей характеристике английских угленосных толщ, вмещающих карбоновые местонахождения наземных позвоночных, то должны будем отметить, что вся область развития угленосных толщ находится в пределах форланда герцинской (арморикапской) складчатости. Разделяющий нижний и верхний отделы карбона мощный горизонт «жернового песчаника», согласно новейшим исследованиям, оказывается связанным фациальными переходами с разными горизонтами угленосных осадков и, кроме того, резко уменьшается в мощности по направлению к западу. Повидимому, весь жерновой песчаник есть образование дельты огромной реки, стекавшей с северо-востока из области кристаллического щита Эрии. В гигантском эстуарии этой дельты, ранее бывшем морским заливом с окраинными лагунами древнего красного песчаника, и шло накопление угленосных толщ под влиянием герцинского горообразования. С дальнейшим накоплением осадков здесь развилась колоссальная аллювиальная впадина с болотным ландшафтом верхнего карбона, в котором

возможность образования местонахождений была значительно большей, чем в нижнем карбоне, благодаря распространению озерков с пресной водой и обилию фауны наземных позвоночных.

В отдельных горизонтах встречаются прослои красноцветов, что свидетельствует о пустынных участках, временами появлявшихся на этой огромной равнине. По возрасту английские местонахождения относятся к намюрскому и вестфальскому времени.

Все другие значительные местонахождения карбоновых тетрапод Европы залегают в более поздних угленосных толщах конца карбона, частью уже на переходе к перми, иногда в условиях, частично отражающих осадконакопление пермского характера. Эти угленосные осадки Центрального плато Франции, Саарской впадины, Богемского массива представляют собою отложения разрозненных бассейнов, образовавшихся в отдельных впадинах на выровненном пенеплене нижнекарбонового нагорья. Подобные внутренние впадины варисцийских гор имеют в общем тектоническое происхождение, располагаются на границах кристаллических массивов и осадочных глыб и представляют собою области длительного опускания. Первичные относительные глубины этих впадин не превышали 400—600 м, и дальнейшее углубление шло за счет изостатического погружения.

В Отенском бассейне Франции на угленосной свите Игорнэй в 400 м мощностью, сложенной песчаниками и сланцами с флорой стефанского возраста, залегает свита Мюз с переслаиванием угленосных пачек и красноцветных песчаников и глинистых сланцев. В кровле главного угольного пласта залегает тонкий, но постоянный прослой очень тонкозернистого глинистого сланца, содержащий многочисленные остатки полных скелетов мелких стегоцефалов, нередко змеевидных (*Dolichosoma*, *Branchiosaurus*, *Sauravus*), совместно с отпечатками пресноводных ганоидных рыб. Более редко находятся разрозненные остатки акуловых рыб и акантодов, эстерии и пресноводные моллюски. На этой свите карбонового возраста залегает свита Миллери, уже пермского возраста, около 500 м мощности, сложенная в основном песчаниками с прослоями мергелей, известняков и богхедовыми углями. В песчаниках много окремнелых древесных стволов. В кровле угольных слоев встречаются линзы железистого и углистого сланца, не более 200—300 м по простиранию, мощностью не свыше 1 м. В этих сланцах встречены отдельные скелеты крупных стегоцефалов — архегозаврид, представляющих группу типичных пресноводных лабиринтодонтов — обитателей довольно больших водных бассейнов. Скелеты стегоцефалов встречаются сравнительно редко, чаще попадаются остатки пресноводных ганоидов и раков.

В Саарской впадине на мощной угленосной оттвейлерской толще, достигающей 2000 м мощности, залегает кузельская толща около 1500 м мощности. Местонахождения позвоночных сосредоточены в двух горизонтах в нижнем и верхнем отделах толщи. В нижнем отделе, на свите красных песчаников и глин залегает свита Альтенглан, сложенная серо-цветными породами — сланцами и глинистыми песчаниками с тонкими прослоями известковых мергелей. В песчаниках изредка находятся отдельные скопления остатков крупных стегоцефалов, разрозненные кости рыб и пресноводных моллюсков — антракозид (Kukuk 1938).

В верхнем отделе кузельских слоев, в самом нижнем горизонте Оденбах, залегающем непосредственно на красноцветных песчаниках Ванвег, развиты серые сланцеватые глины с углистыми пропластками и линзами битуминозных известняков.

В глинистых сланцах с примесью углистого детрита встречаются целые прослои, переполненные остатками мелких стегоцефалов. Совместно находятся особи самого различного возраста, в том числе и личинки этих

амфибий. Мощность костеносных прослоек ничтожна и не превышает 10 см, но нередко эти прослои занимают значительную площадь распространения. Слои заканчиваются свитой красноцветных песчаников значительной мощности.

Рассмотренные местонахождения залегают выше оттвейлерских слоев определенно стефанского возраста и покрываются лебахской толщей, принадлежащей уже перми. Лебахская толща состоит из красноцветных слюдистых песчаников, реже конгломератов в своих нижних горизонтах и из черных тонкослоистых глин в верхней части. Черные глины содержат прослои конкреций глинистого железняка, в которых встречаются полные скелеты крупных стегоцефалов — архегозаврид. Прослои костеносных конкреций всего в несколько сантиметров мощности сосредоточены в самой верхней части толщи. В них найдены скелеты сотен особей одного рода как взрослых экземпляров, так и личинок. Вместе со стегоцефалами находятся остатки ганоидных и акуловых рыб.

Лебахская толща имеет максимальную мощность в 300 м, из которых на собственно костеносную часть приходится не более 15 м; прикрывается толщей пестрых аркозов и конгломератов с прослоями сланцевых глин и большим количеством окремнелых древесных стволов. Мощность толщи до 100 м.

Местонахождения чехословацких угольных бассейнов являются наиболее крупными из всех рассмотренных выше.

В толще мощностью около 1000 м явственно выделяются два горизонта сероцветных пород, содержащих промышленные угли и разделенных красными безугольными породами — аркозовыми песчаниками и сланцами. Иногда нижний главный угольный пласт непосредственно налегает на складчатую древнюю денудационную поверхность (верхнекарбонового рельефа). Соответственно меняются мощность и соотношение горизонтов.

Нижний угольный горизонт — кладно-пильзенские слои — не содержит остатков позвоночных и по флоре относится к верхневестфальскому возрасту. Выше залегают кремнистые сланцы, красноватые сланцевые глины и второй угольный горизонт — радницкие слои нижнестефанского возраста. Оба эти горизонта в обоих крупных бассейнах — Плзене и Кладно — не содержат остатков позвоночных. Они откладывались в мульдах СВ—ЮЗ простирания. Выше следует нижанский угольный горизонт или горизонт газового угля, который или налегает согласно на верхний радницкий горизонт, или (в перерывах между мульдами) трансгрессирует прямо на альгонкские породы. В нижанском горизонте, в шахтах района Нижана в битуминозном углисто-глинистом сланце, налегающем прямо на главный угольный пласт, было найдено множество остатков позвоночных. Этот костеносный горизонт до 0.60 м мощности имеет широкое распространение. Таким образом, в то время как нижние горизонты в обоих бассейнах отлагались изолированно, верхние слои соединяют Плзен и Кладно и принадлежат одному району седиментации.

Радницкие слои, в верхах которых и залегает нижанский горизонт, в каждом из бассейнов представлены угленосными серыми песчаниками, глинами и глинистыми сланцами, вверху сменяющимися красноцветными породами (тейницкие слои) — песчанистыми сланцами, аркозовыми песчаниками, с прослоями сферосидеритов и окремнелыми стволами араукароидных деревьев. Эти породы общей мощностью до 600 м свидетельствуют об энергичной эрозии близлежащих возвышенностей, с которых сносились и остатки деревьев флоры горного типа (Purkyně 1902).

Красноцветная фаза осадкообразования сменяется отложением куновских слоев — свиты темносерых сланцев около 150 м мощностью с двумя угольными пластами — нижним в основании свиты и верхним в верхней

трети. Свита отлагалась в условиях обширной, плоской заболоченной впадины, с рядом озер. Куновские слои прикрываются маломощной свитой красноцветов пермского возраста, свидетельствующей о возвращении прежних условий осадконакопления.

Главные местонахождения наземных позвоночных находятся в районе Нирана и Кунова, недалеко от Праги. Здесь старые шахты, работавшиеся в середине прошлого столетия, вскрыли нираиский и куновский горизонты газового угля. В куновском горизонте на нижнем угольном пласте залегает так называемая «шварта»— битуминозный углистый сланец до 0.3 м мощностью, переполненный остатками стегоцефалов и рыб. Позднее выяснилось, что тот же костеносный горизонт имеется и в Кладно и присутствует в так называемой «Босковичской борозде». Таким образом, костеносный углистый сланец в кровле нижнего куновского угля пользуется здесь довольно обширным распространением и содержит, несомненно, тысячи особей погибших животных.

Весьма интересно, что отложение костеносного сланца дважды — в нираиском горизонте и в более молодом куновском — совпадает с окончанием отложения угольного пласта и с началом отложения пачки сильно песчанистых сланцев в висячем боку местонахождений. Нужно думать, что накопление животных остатков совпадало с моментами значительного затопления болотистой равнины (трансгрессия угольного пласта на окружающие бассейны площади) и достигало максимума при изменении режима седиментации и погребении растительности под массой илисто-песчаного осадка. Стегоцефалы захоронены в нираиском сланце и в куновском «шварте» преимущественно целыми скелетами, расплющенными по плоскостям напластования. Нередко скопления остатков образуют сплошной тонкий слой. Кости плохой сохранности, так как отчасти подверглись обугливанию и разъеданию, но вместе с тем сохраняются отпечатки мягких частей тела животных. Остатки рыб встречаются реже и сильно разрознены. Совсем редко, в виде отдельных фрагментов, попадаются остатки рептилий. Состав фауны чехословацких местонахождений совпадает с другими ранее рассмотренными местонахождениями Франции и Саара, но среди всех них выражен наиболее полно. Из рыб установлен один род акантодов, четыре рода селахий, один род двоякодышащих, один — крупных кистеперых (*Megalichthys*) и три рода пресноводных лучеперых. Стегоцефалы представлены 9 родами с 12 видами и принадлежат преимущественно мелким формам — обитателям болотных лесов карбона — нектридиям и филлоспондилам. Эти мелкие формы захоронены в массовом количестве, взрослые формы вместе с личинками. Значительная часть захороненных остатков принадлежит личинкам более крупных лабиринтодонтов, взрослые формы которых встречаются в местонахождении крайне редко, всегда в виде разрозненных остатков (*Macromerion*, *Onchiodon*).

Остатки рептилий принадлежат или мелкой котилообразной форме (Нирап) или довольно крупному пеликозавру (в более позднем местонахождении Кунова), родственному древнепермским эдафозаврам из красных слоев Техаса, сильно повреждены и разрознены.

В итоге, в чехословацких местонахождениях наземных позвоночных можно отметить два периода образования крупных скоплений остатков животных, разделенных периодом отложения осадков проточных вод с приносом грубокластического материала. Первый по времени период выразился в отложении нираиского костеносного сланца, отлагавшегося в довольно продолжительный период затопления болотистой равнины в обширных водных участках. Здесь развивалась во множестве молодь стегоцефалов, привлекавшая мелкие хищные формы тех же амфибий —

саламандрообразные, змеевидные и тритонообразные типы нектридий. Крупные лабиринтодонты могли легче передвигаться от одного озерка к другому и поэтому меньше зависели от случайностей водного режима и реже попадали в захоронение. В нижнеказанской фауне мы видим формы, значительно специализованные (змеевидные аристоподы), или дающие, подчас, трудно объяснимые адаптационные уклонения (*Acanthostoma*, *Microbrachis*, *Memonomenos*), что указывает на продолжительную предшествующую эволюцию этой фауны, от которой мы видим, так сказать, лишь конечный результат. И действительно, во второй период захоронения чехословацких местонахождений (Кунова, Босковицкая борозда) мы встречаем остатки той же фауны с несколько меньшим числом форм и с примесью уже пермских элементов. Характер костеносного пласта говорит о более кратковременном периоде отложения костеносной шварты и вместе с тем о более широком распространении затопленных мелководных участков по поверхности области осадконакопления. Нужно думать, что повторяющаяся два раза в одной серии связь образования костеносных сланцев с окончанием угольной седиментации не случайна, а отражает определенные закономерности как скопления животных остатков, так и их консервации.

Оставляя в стороне отдельные неполные и случайные находки, можно сказать, что других местонахождений карбоновых наземных позвоночных пока не найдено ни в Европе, ни в Азии. В особенности удивительно отсутствие находок в обширных, разнообразных по фациям и интенсивно разрабатывающихся угленосных толщах нашего Союза. Будущее изучение закономерностей захоронения карбоновой фауны, нужно думать, прольет свет на эту загадку.

Что касается рассмотренных нами местонахождений, то нужно отметить различие между английскими и остальными европейскими. В то время как в Англии местонахождения образовались в типичных фациях карбоновых лесов, в прибрежных областях, на окраине огромной дельты и содержат преимущественно фауну крупных древних лабиринтодонтов, отражающую действительный характер фауны амфибий в древних карбоновых прибрежно-лесных обстановках, местонахождения Франции, Саара и Чехословакии относятся к иному типу. Соответственно своему более позднему возрасту и расположению во внутриматериковых впадинах эти местонахождения принадлежат к самому концу обстановки карбоновой седиментации, внутри континентов рано сменившейся отложением древнепермских красноцветов. Области захоронения фауны приурочены к отдельным оазисам карбоновых лесов, уцелевших в низменных заболоченных депрессиях. Начальные этапы пермского эпейрогенеза обусловливали перерывы в отложении угленосных фаций, совпадавшие с массовым захоронением животных, вследствие резкого сокращения болотных обстановок обитания. Фауна, заключенная в костеносных слоях, носит особый характер и состоит преимущественно из мелких форм — обитателей луж и озер внутри лесных карбоновых массивов, а также из личинок и молоди, равным образом развивавшейся в лесных лужах и быстро погибавшей вследствие быстрых изменений режима физико-географической обстановки.

Карбоновые местонахождения Северной Америки обладают большим сходством с центральноевропейскими по составу фауны, но по условиям отложения имеют переходный характер между последними и английскими. Североамериканские местонахождения приурочены к огромному бассейну центральных штатов и к бассейну аппалахской геосинклинали, в которых развиты толщи большой мощности, состоящие из чередующихся угленосных и морских осадков. Все местонахождения принадлежат пенсильван-

скому отделу верхнего карбона, что соответствует вестфальскому и стефанскому отделам продуктивного карбона Европы.

Не останавливаясь на отдельных находках, рассмотрим четыре главных местонахождения Северной Америки.

Одно из наиболее интересных, к тому же открытое не в подземных работах, а в обнажениях на дневной поверхности и потому всегда доступное для изучения — это местонахождение Мэзон-Крик, близ города Моррис в Иллинойсе.

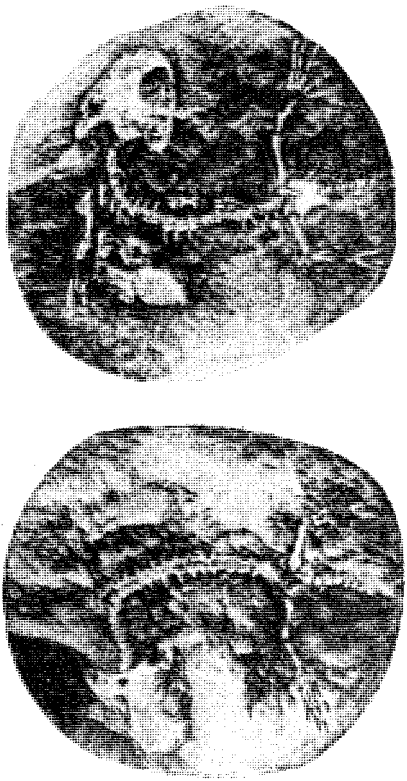


Рис. 1. Конкреция глинистого железняка, содержащего почти полный скелет *Miobatrachus* — вероятно, предка бесхвостых амфибий. Верхний карбон Мэзон-Крик, США. × 1.

Здесь небольшая речка вскрывает свиту красноватых и серых глинистых сланцев около 20 м мощности. Свита представляет собой кроющий горизонт главного пласта угля «№ 2» в угленосной толще, разрабатывающейся шахтами у города. По возрасту эта толща — нижние отделы угленосного пенсильвания (формация Аллегени). В сланцах, в обоих берегах и дне речки, находится множество конкреций глинистого и кремнистого железняка, содержащих остатки растений и животных. Обычно конкреции содержат вайи папоротников, но также встречаются остатки пресноводных моллюсков, ракообразных, многоножек, скорпионов, пауков, тараканов, рыб и стегоцефалов.

По данным многолетних сборов (30-летнее коллектирование на этом местонахождении), содержание конкреций по типам заключенных в них форм подчинено следующей закономерности.

На каждые сто тысяч конкреций приходится двадцать тысяч пустых или содержащих ничтожные неузнаваемые органические частицы, шестьдесят восемь с половиной тысяч содержат растения, семь тысяч пятьсот — насекомых, раков, скорпионов и других членистоногих, три тысячи девятьсот должны содержать копролиты рыб и их чешуи, девяносто пять могут содержать остатки рыб, четыре — моллюсков и только о д н а — скелет или фрагмент стегоцефала. По данным других исследователей, 100 000 — цифра преуменьшенная, как основа для исчисления. Одна конкреция с остатками стегоцефала приходится на полмиллиона пустых и содержащих другие остатки. Таким образом, для местонахождения Мэзон-Крик мы впервые имеем подсчет, хотя бы и приблизительный, относительной частоты встречаемости остатков наземных позвоночных. Приведенные цифры ярко показывают крайнюю редкость этих остатков. Как бы то ни было, миллионы конкреций, разбитые исследователями на местонахождении Мэзон-Крик, доставили разнообразную фауну мелких стегоцефалов. Каждая костеносная конкреция, размером с крупную картофелину, содержит или целый скелет стегоцефала или значительную его часть (рис. 1). В свите сланцев отмечается два горизонта конкреций — верхний, мощностью до 2 м, и нижний, меньшей мощности, разделенные пачкой

сланца, не содержащей конкреций. В верхнем горизонте чаще встречаются остатки насекомых, в нижнем — растения. Попадаются участки с кремнистыми серо-голубыми разностями конкреций, преимущественно содержащими вайи папоротников.

Остатки амфибий принадлежат пяти родам с восемью видами; все мелкие формы, размерами не больше маленького тритона — представители нектридий и бранхиозавров, а также личинки каких-то более крупных стегоцефалов. Одна форма (*Miobatrachus*) является древнейшим предком бесхвостых амфибий (рис. 1). Сохранность костей вообще значительно лучшая, чем в углистых сланцах. Некоторые образцы отличаются изумительной сохранностью, показывая отпечатки складок кожи, хрящевых частей скелета и слепки внутренних органов (желудка и кишок) (рис. 2). Остатки рыб в виде разрозненных чешуй, зубов и ихтиодорулитов принадлежат примитивным акуловым (*Ctenacanthus*), кистеперым, двоякодышащим и палеонисцидам — всего 11 родам с 16 видами. От более крупных лабиринтодонтов найдена лишь одна кость. Таким образом, местонахождение Мэзон-Крик заключает своеобразно отсортированный материал — только мелкие части растений, остатки членистоногих и чешуи и зубы рыб, кроме мелких амфибий, которые в большинстве своем — невзрослые особи и личинки. Нужно думать, что местонахождение образовалось в обширной мелкой луже, куда попадали насекомые и множество листвы растений. Здесь же обитали мелкие тритоноподобные амфибии и их головастики, погребавшиеся в илистом осадке при значительной концентрации железистых соединений вокруг органических остатков, что определило прочную консервацию ископаемых.

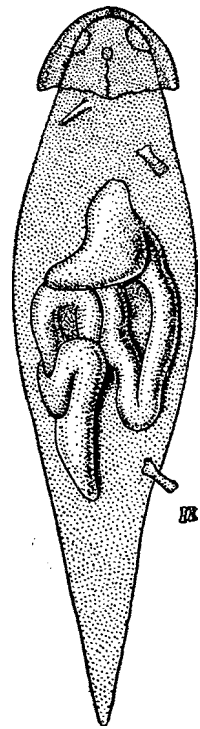


Рис. 2. Личинка бранхиозавра с сохранившимся отпечатком мягких частей тела, кишечником и желудком. Верхний карбон Мэзон-Крик, США. × 2.

Местонахождение Линтон доставило наибольшее количество остатков карбоновых наземных позвоночных в США. Местонахождение было открыто в старой угольной шахте, которая теперь давно засыпана и даже точное ее местоположение сомнительно. Во всяком случае шахта находится в группе старых угольных разработок на берегу р. Огайо, у станции Иэллоу-Крик Пенсильванской железной дороги. Часть образцов, отнесенных к фауне Линтона, происходит из другого местонахождения, поблизости Уэллсвилла, в 2.5 милях от Линтона, где выходы угля имеются прямо в обнажениях вдоль дороги.

В местонахождении Линтон была обнаружена обширная тонкая линза кэннельского угля и углистого сланца, подстилающего толстый пласт «кубического» угля (№ 6 по отчетам Огайо). На плоскости напластования между прослоем углистого сланца и кэннеля стегоцефалы находятся в виде полных скелетов, отпечатков или целых костей, рыбы — преимущественно разрозненными остатками — чешуи, зубы, спинные шипы. Сохранность костей плохая, несравненно худшая, чем в конкрециях Мэзон-Крик. Кости сильно обуглены, нередко замещены углистым веществом, что стоит в прямой связи с захоронением в массе углистого детрита с малой примесью минеральных частиц и солей.

Линтонское местонахождение по залеганию животных остатков, их сохранности и составу фауны близко напоминает Ниран в чехословацких

угольных бассейнах, а также Килькенни в Ирландии. Все эти местонахождения одного типа генезиса и более или менее синхроничны. Линтон интересен тем, что костеносный слой в нем залегает в основании угольного пласта, а не в кровле, как это чаще встречается. Следовательно, в Линтоне мы имеем обратный процесс — не последующего затопления углеобразующего болота, а заболачивания и зарастания озерка, населенного амфибиями и рыбами. Большое количество остатков личинок амфибий свидетельствует о постоянном обитании мелких болотных форм в области этого озерка. Соответственно с ходом геологического процесса фоссилизация остатков Линтона проходила почти без участия минеральных компонентов, так как припос в заболоченное озеро прекратился и вообще количество воды убыло.

В составе фауны, захороненной в Линтоне, вначале насчитывалось 20 видов рыб и 51 вид амфибий. Позднейший пересмотр и переописание фауны значительно уменьшили видовой состав Линтонского местонахождения. Установлено 5 родов и столько же видов рыб — акуловых, кистеперых и палеонисцид, 2 рода эмболомерных крупных лабиринтодонтов из группы локсоммид, 6 родов нектридий — мелких саламандрообразных форм (имеются, как и в Ниране и Килькенни, змеевидные формы), 5 родов бранхиозавров с 7 видами. Остальные мелкие формы, в числе четырех, повидимому, являются личинками более крупных лабиринтодонтов. Всего Линтонское местонахождение дало около 150 довольно полных образцов, что при небольшой площади разработанного участка линзы свидетельствует о значительном количестве захороненных остатков. Возраст Линтона соответствует верхам горизонта Аллегени, т. е. слоям переходным от вестфальского яруса к стефанскому.

Третье крупное местонахождение карбоновой фауны тетрапод в США является, пожалуй, наиболее интересным по характеру нахождения фауны — в дуплах стволов сигиллярий, стоящих в породах в естественном положении. Это местонахождение, известное под названием Южного Джоггинса в Новой Шотландии, является вместе с тем и самым древним из верхнекарбоновых местонахождений США.

Местонахождение Джоггинс открыто в выходах угленосной толщи по берегу морского залива Южный Джоггинс и на мысу Угольном. Несколько образцов найдено в расположенной поблизости угольной копи Альбион в округе Пикчоу, однако последние происходят из несколько более высокого горизонта.

Выходящая здесь свита пород сложена в основном глинами и глинистыми сланцами, переслоенными углями и углистыми сланцами. На высотнескольких метров над береговым песком в обрыве мыса Угольного проходит пласт крепкого мелкозернистого песчаника мощностью до 7 м, с отдельными мелкими линзами известковистой глины. В этом слое в конце прошлого столетия были открыты окремнелые стволы сигиллярий, стоящие в вертикальном или наклонном под углом до 20 градусов положении. Эти стволы представляют собою лишь части полной длины деревьев, а именно — отрезки оснований стволов длиной от 5 до 10 м. Корни по большей части не сохранились, так как нижние стороны пней выходят уже из пласта песчаника в подстилающую глину, в которой, повидимому, не было условий для сохранения древесины пней.

Характер сохранности стволов заслуживает внимания, поскольку очень хорошо показывает зависимость сохранности органических остатков от характера породы и происходивших в ней процессов литогенеза. Не подлежит сомнению, что если бы стволы сигиллярий не попали в песчаный осадок, а были бы погребены полностью в глине при продолжении ее осаждения, то ничего не сохранилось бы и не дошло до нас от этих инте-

реснейших палеонтологических документов. Между тем, значение осадка для сохранения ископаемых часто недооценивается.

Внутренняя часть древесины ствола сигиллярии состояла из рыхлой, легко разрушающейся массы. Центральная часть (осевая) каждого ствола обладает несколько более плотной структурой. Периферический слой из удлиненных клеток и наружная кора сигиллярии чрезвычайно стойки и не поддаются разрушению. Таким образом, прямые стволы, частью погруженные в осадок и срезанные, видимо, по поверхности воды, превратились в открытые сверху полые цилиндры, служившие естественными ловушками для обитателей карбонового леса. Полости стволов стояли открытыми значительное время, так как в них успело накопиться много остатков наземных позвоночных. Вероятно, стволы, погруженные на глубину нескольких метров в осадок, были затем, при убыли воды, выведены своими верхними концами на поверхность болота и окружены новым слоем растительности. В их отверстия падали обитатели болота и оставались на дне дупел, на глубине до 3 м от поверхности. В некоторых стволах обнаружены копролиты и следы ползания и царапания. Животные, очевидно, жили еще некоторое время в своих подземных темницах и пытались найти выход наружу. Более крупные животные пожирали мелких, попавших в ловушку вместе с ними.

Открытие этих замечательных образований произошло благодаря быстрому разрушению высоких обрывов Джоггинса, размываемых морем. Так как цилиндры окремнелых сигиллярий были значительно прочнее вмещающего песчаника, то стволы резко выделялись в обнажениях и, кроме того, образовали в осыпи целое нагромождение, привлекая внимание исследователей. Около 50 стволов было извлечено из обнажения и осыпи. Более чем в двадцати из них оказались скопления остатков наземных позвоночных, осторожно извлеченные и отпрепарованные. Несмотря на энергичное размывание обрывов Джоггинса, продолжающееся и по сие время, новых находок таких деревьев так и не было. По всей вероятности, исследователи конца прошлого столетия застали последнюю фазу размыва местонахождения береговой эрозией и роща столь своеобразно сохранившихся сигиллярий ныне уничтожена полностью.

Полые стволы сигиллярий с остатками позвоночных внутри них были, видимо, сравнительно быстро вновь затоплены водами, приносившими большое количество песка и ила. Болото оказалось покрытым слоем осадка, заполнившим вместе с тем и пустоты стволов. В дальнейшем отложение кластических осадков продолжалось весьма длительный период и когда-то бывшее здесь болото с рощей старых сигиллярий оказалось под мощной толщей глин и песчаников.

В целом, свита Джоггинс достигает свыше 1000 м мощности и по возрасту соответствует самым низам формации Аллегени или даже верхам Поттсвилла. Содержит типичную вестфальскую флору.

Остатки амфибий в старых описаниях были отнесены к 10 родам и 17 видам. Новый пересмотр прежних материалов уменьшил число родов и видов и уточнил определения. Большая часть остатков принадлежит довольно крупному лабиринтодонту *Dendrerpeton*, который, в отличие от большинства мелких форм карбоновых лесов, является формой более сухопутного облика. Это стоит в прямой связи с общим характером захоронения в местонахождении Джоггинс. Другие, описанные в качестве самостоятельных, формы являются молодыми особями того же *Dendrerpeton*. Кроме них, найдены четыре формы нектридий, также принадлежащих к группе более сухопутного характера (Hylonomidae), редко встречающейся в других местонахождениях. Сохранность костей значительно превосходит обычную для угольных сланцев. Остатки не претерпели также обычного расплющивания

по плоскости напластования, неизбежного для сланцевых пород — типичных костеносных слоев в карбоновых местонахождениях. Найденные в соседнем местонахождении Пикчоу остатки принадлежат крупному лабиринтодонту типа *Baphetes*, распространенному в английских местонахождениях.

Другие карбоновые местонахождения США содержат малые количества остатков и плохо изучены. Из них имеет интерес местонахождение Кэннельтон в округе Бивер, в Пенсильвании. Здесь остатки животных находятся в тонком слое углистого сланца, образующем кровлю среднего Киттэнингского пласта угля. Вместе с редкими остатками мелких пектридий в сланце находятся остатки растений, насекомых, ракообразных и рыб. Интересно указание на находку в этом же сланце эвриптерид — ракоскорпионов, заслуживающее, однако, проверки. В местонахождении Кэннельтон мы видим ту же фацию мелководного захоронения листьев, насекомых и маленьких амфибий, как и в Мэзон-Крик, но без образования железистых конкреций. Заслуживает внимания, что горизонты глинистых сланцев встречаются и в других свитах верхнего карбона США, как, например, в Рок-Крик у Мэриона, округ Дуглас в Канзасе. Здесь в глинистых сланцах имеется такое же бесчисленное количество мелких конкреций глинистого железняка, как и в Мэзон-Крик, содержащих остатки растений, насекомых, пауков и раков. Остатков позвоночных не найдено, но, помня об их редкости в Мэзон-Крик, их вполне можно ожидать в дальнейшем. Вообще захоронение в железистых конкрециях нужно признать весьма распространенным в карбоне (блэк-бенд в английских местонахождениях), что, видимо, стоит в прямой связи с консервацией органических остатков в кислотных водах углесодержащих фаций. Это обстоятельство нужно учесть при поисках фауны у нас в СССР, поразительно отсутствующей в наших огромных угольных бассейнах.

В верхах карбоновых угленосных толщ отмечается частый переход угленосных фаций в красноцветы по простиранию, тесно переплетающиеся с угольными слоями и с окружающими морскими фациями. Красноцветные толщи, известные под местным наименованием «Красных Слоев» (Red Beds), содержат большое число местонахождений наземных позвоночных. Аналогичную картину мы видели для европейских местонахождений, где поздние угленосные толщи переслаиваются и сразу же прикрываются красноцветными фациями нижнепермского типа. Это указывает на более тесную связь карбоновой угольной седиментации и пермской красноцветной, чем это обычно принимается, при схематизированном разрыве карбона и нижней перми в целях удобства стратиграфии. Однако вопрос о действительных соотношениях угленосных фаций позднего карбона с красноцветами ранней перми выходит за пределы настоящей работы. Поэтому местонахождения красноцветных фаций будут нами рассмотрены в разделе пермских. Отметим только, что в некоторых случаях не исключена возможность синхронности отдельных угленосных свит «типичного карбона» с «типично пермскими красноцветами», являющимися фациальным обособлением карбоновой седиментации. Нахождение красноцветных фаций, крайне сходных с пермскими красными слоями, в миссисипском отделе карбона (Хинтон) подтверждает такую возможность.

За отсутствием местонахождений карбоновых наземных позвоночных в других странах нам остается рассмотреть находки наземных позвоночных — водных рептилий — в верхних слоях верхнего карбона Южных материков. Несомненно, что эти отложения уже очень близки к нижней границе перми, а в некоторых случаях, как, например, в Южной Америке, относятся к базальным слоям пермской системы. Поэтому мы отложим рассмотрение южных местонахождений до следующего раздела нашего

обзора и бросим взгляд на общий характер местонахождений карбоновой флоры.

Угленосные толщи карбона, костеносные фации которых мы только что рассмотрели, являются крупнейшими местонахождениями остатков флоры. Однако в большинстве случаев растительные остатки в угольных пластах настолько изменены, что для добычи хорошо сохранившихся и полных остатков приходится искать среди угленосных толщ слои менее богатые органическим веществом, в которых условия сохранения растительных остатков более благоприятны. Это в большинстве случаев фации глинистых сланцев, железистых конкреций и известняков. Помимо богатых углем отложений растительные остатки встречаются и в других фациях карбона континентального происхождения, причем нередко имеют весьма хорошую сохранность. В большинстве случаев это отложения тех же угленосных бассейнов, но выраженные безугольными слоями, сменяющими угленосные толщи по простиранию или стратиграфической вертикали. В СССР известны местонахождения нижнекаменноугольной флоры, которая встречается гораздо реже верхнекаменноугольной. Из них назовем Подмосковный бассейн (прекрасной сохранности остатки в бумажном угле Товаркова и др.), восточный склон Урала, Мугоджары, много местонахождений в Киргизской степи и Восточном Казахстане, в Минусинской котловине и т. д. Вне нашего Союза наибольшее число местонахождений нижнекаменноугольной флоры принадлежит арктической области (Гренландия, Медвежий остров, Свальбард), а также древним каменноугольным бассейнам Шотландии, Англии, Франции, Южнее, близ крайнего северо-востока Африки известно только одно Синайское местонахождение.

Распространение верхнекаменноугольных местонахождений гораздо шире и захватывает, помимо Советского Союза, Западной Европы и США, почти всю Азию — Сибирь, Китай, Индию, Индо-Китай и Зондские острова; Южную Америку, Австралию и Африку (в последних трех странах имеются отдельные местонахождения и нижнекаменноугольной флоры — в Перу, Боливии, Новом Южном Уэльсе и Южной Африке). Для нижнекаменноугольной флоры характерно ее поразительное однообразие во всех, даже весьма удаленных друг от друга географически, местонахождениях. Отчасти это обстоятельство стоит в прямой связи с однообразием фаций, в которых известны местонахождения нижнекаменноугольной флоры. Это отложения прибрежных низменностей, тесно связанные с морем, что отражается в постоянном переплетании их с морскими фациями и присутствии прослоев с типично морскими беспозвоночными даже внутри угольных пластов. Для верхнекаменноугольных местонахождений и, особенно, для переходных от карбона к перми проявляется более заметное разнообразие флоры, намечается климатическая зональность, появляются формы ксерофитного облика. На южных материках, в связи с развитием обширного оледенения в среднем и верхнем карбоне, в конце карбона развивается флора своеобразного гондванского типа. Эта флора считалась присущей южным материкам и противопоставлялась тропической лепидодендроновой флоре верхнего карбона северного полушария. Однако позднейшие исследования показали наличие фаций низменных болот тропического типа на южных материках. В этих отложениях была найдена типичная лепидодендроновая флора. Таковы находки в Бразилии среди верхнекаменноугольных ледниковых отложений, в Боливии и Перу, находки субсигиллярий в Южной Африке. Равным образом, в нашем Союзе установлены целые флоры умеренно-климатического характера, даже преобладавшие в верхнекаменноугольное и нижнепермское время в Сибири. В этом отношении весьма интересны исследования А. Н. Криштофовича (1941), выяснившего распространение различных флор Сибири и установившего

Рис. 3. Расчищенная заросль пней лепидодендронов с корневыми системами, сохранившимися на подводной каменноугольной почве, в глинистых песчаниках верхнего карбона. Окрестности Глазго в Шотландии.

преобладание определенных типов растений в местонахождениях. Криштофович определенно говорит о развитии обширных кордаитовых лесов, образовывавших однообразную антарктическую «тайгу» на Гондване и подобную же «тайгу» в Сибири. Однако аналогия с тайгой не может рассматриваться как полная, так как, судя по условиям залегания остатков кордаитов в местонахождениях, эти растения скорее всего произрастали в обширных низменностях, правда, более высоких, чем низменности карбоновых лесов северного полушария.

Характерной особенностью многих карбоновых местонахождений флоры (как, впрочем, и вообще всякой ископаемой флоры) является то, что в одном и том же местонахождении почти никогда не сохраняются все растения целиком. В тонких глинистых осадках обычно хорошо сохраняются отпечатки листьев, но не стволы или ветви. Тонкие ветви, плоды и почки хорошо сохраняются в известковистых породах, в то время как стволы, толстые ветви и пни находятся преимущественно в песчаниках. Случаи автохтонии ископаемых растений в песчаниках весьма редки; в большинстве случаев это окоренные бревна — продукты довольно далекого переноса. Подобное распределение остатков растений в местонахождениях весьма затрудняет исследования, ибо трудно представить себе растения в целом. Распределение остатков растений в местонахождениях зависит и от преимущественного сохранения тех или других частей растений в данном осадке и от распределения их в бассейнах седиментации. В угленосных слоях бассейна Отен известны целые прослои, составленные исключительно листьями кордаитов, залегающими подобно лиственному покрову в наших лесах с опадающими листьями. В пресноводных бассейнах внутри карбоновых лесов также преимущественно сохранились листья и вайи,

опадавшие с деревьев в воду и погружавшиеся в илистые осадки, в то время как от самих деревьев не осталось и следа.

В красноцветных толщах самых верхов карбона и начала перми подавляющая часть растительных остатков представлена окремнелыми стволами, отсутствующими обычно в других фациях. Другие, более мелкие части растений в песчанистых осадках сохраняются обычно только у ксерофитных форм с их жесткими наружными покровами. Точно в соответствии с этим мы видим появление ксерофитных форм в красноцветных фациях верхов карбона. Подобная флористическая смена в местонахождениях обычно и принимается за таковую в действительности, тем более что характер фаций как бы отвечает вполне преобладанию ксерофитных форм. Поэтому открытие в тех же горизонтах фаций иного типа, в которых оказывается сохранившаяся болотная растительность карбоновых лесов, зачастую приводит к недоумениям. При учете особенностей распределения частей растений в местонахождениях флоры, нахождение окоренных стволов в песчаниках без всяких других растительных остатков само по себе не может еще свидетельствовать об отсутствии растительности в данной фации или области.

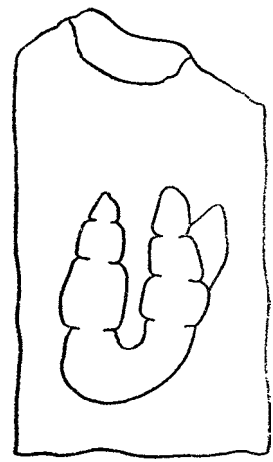


Рис. 4. Отпечаток следа девонского четвероногого тинопус (*Thinopus antiquus*). Девон Сев. Америки.

В сравнении с местонахождениями девонской наземной флоры местонахождения флоры карбона показывают постепенный переход к фациям все более континентального характера, удаляющимся от морских осадков. Связь с морскими осадками, столь тесная в девонских местонахождениях, еще значительна у нижнекаменноугольных местонахождений и становится несколько менее явственной в верхнем карбоне, где мы имеем угленосные толщи, отложенные и вне непосредственной связи с берегом моря.

Вместе с тем, в карбоне мы впервые встречаем несомненно автохтонные местонахождения флоры. Известны находки стволов в естественном положении (Джоггинс и многие другие), открыты даже участки самой каменноугольной почвы с сохранившимися пнями и корневыми системами деревьев (рис. 3) в естественном положении (окаменелый парк в Глазго в Англии).

Однако нужно отметить, что все случаи нахождения подобных участков естественной почвы относятся к затопленным болотным областям и эти «почвы» являются подводными грунтами.

Соответственно местонахождениям флоры, в карбоне мы впервые встречаем о т п е ч а т к и с л е д о в наземных позвоночных, которые также служат признаками автохтонии для фауны тетрапод.

Наиболее древним отпечатком лапы наземного позвоночного, возможно относящимся еще к девону, является так называемый тинопус (*Thinopus*, рис. 4). Это отпечаток довольно крупной лапы в глинистых песчаниках формации Чемунг в Пенсильвании, США. На поверхности напластования этого же слоя имеются знаки волн, иловые трещины и отпечатки дождевых капель. В других слоях этого же горизонта много остатков наземных растений, но также и морских беспозвоночных. Одна раковина последних (*Nuculana*) найдена на той же плите, где обнаружен отпечаток следа.

В базальных слоях формации Хинтон миссисипского возраста, в пестроцветной серии континентальных пород — глинистых сланцев и тонкозернистых песчаников — на поверхности напластования тонкозернистого

песчаника обнаружены двадцать два следа животного (*Dromopus*), прошедшего в прямом направлении, видимо, на задних ногах. Поразительно, что характер следов говорит о высокой организации животного, возможно представителя довольно крупных пресмыкающихся. В том же слое встречаются остатки наземных растений (Moodie, 1916).

В верхнем карбоне известен целый ряд отпечатков следов наземных позвоночных. Значительная часть их найдена в США, но известны отпечатки и в карбоне Западной Европы. Повсюду эти следы находятся на поверхностях напластований плотных (не сланцеватых), тонкозернистых пород, отложенных в мелководье на прибрежье морей, редко озер. Следы сопровождаются трещинами высыхания, знаками ряби, ходами червей, реже редкими раковинами морских беспозвоночных или отпечатками растений.

Как правило, отпечатки следов никогда не связаны с местонахождениями наземных позвоночных, и если встречаются в тех же свитах, то обязательно в других слоях. Заслуживает внимания, что большинство известных отпечатков следов кажется принадлежащим гораздо более высоко организованным формам, чем уже известная из этих же стратиграфических горизонтов фауна тетрапод. Следы в карбоне скорее напоминают ящериц, динозавров, чем стегоцефалов с их короткими и неуклюжими конечностями.

4. Пермь

Прежде чем перейти к рассмотрению собственно местонахождений пермской системы, необходимо вкратце обозреть общий ход изменений физико-географической обстановки на поверхности земного шара в конце карбона и начале перми.

Выше мы уже отмечали постепенный переход к пермскому типу седиментации, наблюдающийся в верхних горизонтах карбона Европы и Северной Америки. Этот переход, отраженный в смене угленосных толщ фациями красноцветного типа, знаменует крупные физико-географические изменения. Перемена влажного тропического климата карбона на жаркий и сухой совпадает с обширными эпейрогеническими движениями в областях герцинского орогенеза, вызвавшими поднятие бывших геосинклинальных участков, местами расчленение их на отдельные глыбы, опущенные или приподнятые. Развивается энергичная эрозия поднятий с отложением мощных толщ континентального типа и очень резким сокращением угленосных фаций.

На южных материках — Южной Америке, Африке, Австралии, Антарктике, также Индии, входящих в состав древнего гигантского материка южного полушария — Гондваны, все соотношения были существенно иными. Приблизительно в середине карбона или в начале верхнего карбона развивается оледенение, захватывающее исполинскую площадь, если судить по распространению ископаемых моренных отложений или тиллитов. Нередко тиллиты достигают огромной мощности. Характерно повсеместное переслаивание тиллитов с морскими осадками. Ледниковые отложения перекрываются мощной серией континентальных осадков, принадлежащих уже пермской системе и постепенно переходящих в триасовые. Эта огромная формация, носящая название гондванской системы, представляет собою единый цикл седиментации неразрывно связанных между собою отложений. Гондванские осадки отложены в условиях влажного и умеренного климата, в противоположность перми северного полушария, и только к концу своего развития, в триасе, показывают признаки наступления сухого и теплого климата. Нижние отделы гондванской

системы угленосны. Значительные пласты угля верхнекарбонового возраста известны в Австралии, в Новом Южном Уэльсе, где залегают на морских отложениях с ледниковыми валунами; также в Перу и в свите Талчир в Индии (в нижнем отделе).

Пермские угленосные свиты гондванской системы имеются в Южной Африке (серия Экка), в Танганьике (Рухуху), в Австралии, Борнео, Индии (слои Кархарбари).

Большое сходство с отложениями гондванской системы имеют некоторые мощные пермские серии Советского Союза, также угленосные, как, например, отложения Тунгусского и частью Кузнецкого бассейнов или свита Кендерлык в Северо-восточном Казахстане. Угленосные нижнепермские отложения, как правило, не содержат местонахождений наземных позвоночных. В пределах Советского Союза континентальные отложения нижнепермского возраста или принадлежат угленосным фациям (Сибирь) или относятся к своеобразным лагунным фациям с преобладанием химических осадков (Урал). Поэтому до сих пор у нас еще не найдены сколько-нибудь полные остатки нижнепермских наземных позвоночных. Однако с неуклонным ростом геологической изученности Советского Союза среди нижнепермских отложений все чаще обнаруживаются фации, благоприятные для захоронения наземных позвоночных, и нет сомнения, что открытие нижнепермских местонахождений в СССР — вопрос недалекого будущего. Детальное исследование, например, угленосных формаций на севере Приуралья, показало наличие промежуточных свит кунгурского возраста, содержащих пока еще не изученные остатки древнейших четвероногих (Коми АССР, бассейн р. Инта). Громадные массивы нижнепермских континентальных толщ Сибири и Восточного Казахстана представляют собою еще нетронутые резервы, исследование которых, вероятно, приведет к интереснейшим открытиям.

Рассмотрение важнейших местонахождений наземных позвоночных перми удобнее начать с наиболее древних образований — североамериканских Красных Слоев (Red Beds).

Как мы уже упоминали выше, отмечается теснейшая связь угленосных толщ верхнего карбона и нижнепермских красноцветов США, наиболее полно представленных в Техасе, Канзасе, Нью-Мексико и Оклахоме.

Угленосные фации Аппалахского, Центрального и Западного бассейнов США в направлении к югу постепенно переходят в красноцветы, переплетаясь с морскими осадками и красными свитами. Южная окраина этих бассейнов характеризуется исчезновением угленосных серий и морских прослоев, место которых полностью занимают красноцветные породы, местами с необыкновенно мощными отложениями гипса и соли, как, например, соляной массив Эль Пасо, протяженностью около 1500 км и шириной свыше 150 км.

Благодаря множеству глубоких скважин, проведенных на нефть в районе развития Красных Слоев, в последнее время удалось собрать интересные данные о характере залегания и соотношениях этой формации (Keyes 1937). В новых представлениях Красные Слои являются отложениями длинной цепи прибрежных лагун гигантского рифового пояса (барьерного рифа), с морской стороны которого отлагались типичные известковые осадки с морской фауной карбона. Цепи барьерных рифов в разных горизонтах перемещались в зависимости от интегральных тектонических движений, изменявших фациальные условия. Позади (от моря) этих цепей рифов отлагались лагунные Красные Слои, представляющие собою сложную эвригилему глинистых сланцев, красных песчаников, редких слоев известняка, доломитов, гипса и соли. Фациально Красные Слои показывают переплетение дельтовых осадков с лагунными на длинной полосе

свыше 100 км шириной. Характерной особенностью эврилитемы Красных Слоев являются ее огромные размеры и низменное расположение области седиментации, в то же время основательно отделенной от моря преградой рифов.

В Красных Слоях найдено большое число местонахождений наземных позвоночных, доставивших большой материал по фауне этой своеобразной формации. Около 60 местонахождений распределяются по различным горизонтам и в разных породах в главных костеносных толщах Вичита и Клир Форк. К сожалению, все эти местонахождения очень плохо изучены, биостратономия и литологический характер костеносных пластов в большинстве случаев неизвестны. Остатки наземных позвоночных, почти постоянно в ассоциации с остатками рыб, встречаются в линзах костеносных пород, обычно незначительных по мощности, но распространенных на различных стратиграфических уровнях и как бы пятнами по горизонтали (Case 1915).

Рис. 5. Обычный тип сохранения скелетов крупных стегоцефалов-нектридий *Diplocaulus* в Красных Слоях Техаса. От скелета остаются череп и позвоночный столб.

Наиболее распространенным типом захоронения животных остатков, встречающимся в подавляющем большинстве случаев, является захоронение в глинистых сланцах или в конкрециях глинистых железняков или глинистых песчаников (реже). Изредка встречаются послойные скопления обломков костей, образующих так называемые «бонебеды», очевидно образовавшиеся в прибрежной полосе лагун. Еще более редки разрозненные захоронения отдельных костей в песчаниках, встреченные в верхних горизонтах (Клир-Форк). Остатки амфибий и крупных рептилий встречаются обычно целыми скелетами или частями скелетов. Кости — плотные, хорошей сохранности, но покрыты очень трудно отделимыми натеками железняка. Распространена посмертная деформация костей, очевидно благодаря сильному уплотнению илистых осадков в процессе диагенеза. Остатки рыб всегда разрознены и обычно встречаются в виде отдельных зубов, чешуй и ихтиодорулитов, реже частей скелета.

В местонахождениях Красных Слоев распространены захоронения амфибий в виде массовых скоплений индивидов одного возраста и размера. В слоях Вичита были найдены целые линзы, переполненные скелетами своеобразных крупных стегоцефалов *Diplocaulus* (рис. 5). Сходно с только что описанным недавно открытое местонахождение стегоцефалов *Tri-*

merorhachis (табл. I, фиг. 1), несколько скелетов которых были сосредоточены в одной плоскости напластования на плите твердого глинистого песчаника. Все особи захороненных животных обладают почти одинаковыми размерами. Оба рода стегоцефалов — *Trimerorhachis* и *Diplocaulus* — водные формы. Еще более характерно захоронение *Lysorophus* в свите Клир-Форк. Лизороф — водная амфибия со змеевидным телом, вероятно, близкая к предкам хвостатых амфибий. Эти небольшие животные встречаются в массовом количестве в карманообразных углублениях песчано-глинистых слоев, выполненных в одних случаях очень тонкозернистым илом, в другом — песчаником. В подобных карманах, размерами 1—2 м в поперечнике (встречаются и значительно меньшие), находятся остатки полных скелетов лизорофов, причем в таком количестве, что самые карманы получили у исследователей название лизорофовых карманов. Совместно с остатками лизорофов в карманах встречаются и остатки различных других стегоцефалов, рыб и редко батрахозавров. По всей вероятности, эти карманы представляли собою углубления с водой на временно пересыхавшем дне пресноводного озерка или дельтового рукава, где скоплялись и погибали животные, захоронявшиеся при последующем затоплении и приносе новых слоев осадка. Подобные карманы в Красных Слоях являются местонахождениями, наиболее близкими к фациям, в которых обитали животные. Все другие скопления остатков образовались при несомненном переносе трупов животных, хотя, повидимому, сравнительно недалеком.

Несколько лучше изучены местонахождения наземных позвоночных в красноцветных сериях Иллинойса, тесно связанных с угленосными толщами и даже относившихся целиком к пенсильванскому возрасту, что по сравнительному анализу их фауны и фауны Техаса представляется неверным.

Олсон (Olson 1946) дал краткий обзор и фациальную характеристику местонахождений Иллинойса. В большинстве случаев все местонахождения имеют только один костеносный горизонт, представленный красными и серыми пятнистыми сланцами. Кости и зубы чаще ассоциированы с красными породами и имеют яркокрасную окраску. Другие кости заключены в серую, конкреционного характера, породу. Обычные красные сланцы содержат микрофауну из нескольких родов остракод, конодонтов и мелких шипов иглокожих. Эти породы явственно морского происхождения, в то время как другие, весьма сходные с первыми, красные сланцы не содержат микрофауны, а обладают прослоями с остатками наземных форм и, повидимому, континентальные.

Типичные разрезы местонахождений Иллинойса крайне сходны с таковыми свиты Арройо в серии Клир-Форк Техаса: в основании пласт известняка около 0.5 м мощностью с морскими беспозвоночными, выше следуют серые песчано-глинистые сланцы без ископаемых, красные сланцы, серо-зеленоватые сланцы и, наконец, покрывающий песчаник. Пачки красных сланцев варьируют, благодаря наличию в них в разных местонахождениях ленточных песчаников (cannel sandstones), мелкогалечных конгломератов, песчаных линз и эоловых песков. Это показывает вторжение наземных условий в отложение красных сланцев. Континентальный характер седиментации обычно кратковремен и быстро сменяется морскими условиями с отложением известняков. В местонахождении Оквуд подобная смена наблюдается дважды на разрезе в 10 м мощности. В слоях Арройо в Техасе большие площади совершенно не содержат ископаемых, которые обычно находятся в карманах.

Песчаники, которые называются каналовыми или ленточными, несомненно отложены действием проточных вод. Затруднительно определить,

промыты ли эти каналы при затоплении в наземной части дельты или в мелкой воде в виде подводных русел. Во всяком случае напластование песчаников беспорядочно, поперечная протяженность песчаных линз крайне невелика, имеются линзы конгломератов. Морские беспозвоночные нередко встречаются в этих песчаниках, пресноводные рыбы находятся всегда, если присутствуют остатки наземных позвоночных. Костеносный слой в местонахождении Фальмут залегает прямо на известняке, его сплошной песок отделен от известняка только семью сантиметрами мягкого, песчанистого сланца.

Остатки позвоночных в песчаных каналах не разбросаны как попало. Большая часть песчаника лишена этих остатков, которые локализуются почти всегда у основания песчаной линзы. Так, в местонахождении Фальмут тонкий сланцевый слой, подстилающий песчаную линзу, содержит большую часть всех костных остатков, хотя некоторые кости находятся в основании налегающего массивного песчаника. В местонахождении Солт-Форк фрагменты позвоночных находятся только в полуконгломератовой линзовидной массе песчаника у основания осадка. Местонахождение Оквуд содержит много остатков рыб: два рода акуловых, один род двоякодышащих и один род палеонисцид, остатки которых найдены преимущественно в виде разрозненных зубов и чешуй. Здесь же встречены крупные эмболомерные лабиринтодонты (*Cricotus*), типично водные формы нектридий — крупные *Diplocaulus* и червеобразные *Lysorophus*. Рептилии представлены офиакодонтными водными пеликозаврами (*Clep. sydrops*).

В местонахождении Фальмут кости встречаются разрозненно, без связанных скелетных частей, ориентированными в горизонтальной плоскости напластования и смешанными с мелкими беспозвоночными (микроскопическими остракодами). Состав фауны: два рода акуловых рыб, два рода двоякодышащих, остатки крупных лабиринтодонтов из наземной группы эриопид и мелких, точно неопределимых нектридий. Остатки фауны в местонахождении Солт-Форк встречаются также в виде разрозненных и разломанных костей, залегающих в маленьких линзах конгломерата с глинистой галькой, среди линзы массивного слюдистого песчаника. Здесь найдены зубы акуловых и отдельные кости мелких стегоцефалов.

Более крупные местонахождения Красных Слоев в Техасе и Нью-Мексико зачастую содержат довольно обширные площади, покрытые остатками наземных позвоночных в виде разбросанных скелетов или крупных связанных отделов скелетов. Эти площади залегают в виде тонких прослоев, обычно на границе двух различных слоев — глины и песчаника, конгломератовидного песчаника или сланца. Вскрытие таких площадей раскопками показало, что остатки позвоночных распределены отдельными скоплениями и между последними имеются большие участки, пустые от ископаемых. Характерным для местонахождений Красных Слоев является отсутствие связи между растительными остатками и остатками позвоночных. Первые и вторые обычно встречаются в раздельных ассоциациях и в разных слоях. Вообще растительные остатки редки в типичных Красных Слоях и красноцветных породах в целом. Наиболее часто встречающимся типом местонахождений наземных позвоночных будет тип небольших линз костеносной породы с разрозненными и поврежденными костями, перемешанными в беспорядке. Однако так же часто встречаются прослои и линзы с связанным скелетным материалом, правда в небольшом количестве. Отсутствие систематических и крупных раскопок в Красных Слоях, подобных ведущимся у нас в Союзе на наших пермских местонахождениях, не дает возможности установить действительное распространение костеносных горизонтов. На самом деле, при залегании костных скопле-

ний «пятнами», протяженность костеносных слоев может быть гораздо значительнее той, которая представляется при поверхностных сборах в оврагах и промоинах, без раскопки больших площадок.

Во всяком случае, можно с несомненностью говорить о различных типах захоронения, имеющихся в Красных Слоях. Как во всех без исключения крупных местонахождениях, в Красных Слоях мы встречаемся с внезапным появлением разнообразной и многочисленной фауны, ранее неизвестной в более древних горизонтах. Местонахождения Красных Слоев дают нам древнейшую фауну рептилий, однако уже представленную сильно специализованными и далеко дивергировавшими группами.

Общий состав фауны позвоночных Красных Слоев США, который для краткости изложения мы не будем рассматривать по отдельным горизонтам, можно представить, как следующий. Рыбы представлены преимущественно: а) родом примитивных акуловых — *Ctenacanthus*, характерным для карбона; род редок в Красных Слоях и не встречается совместно с остатками других позвоночных, как все последующие формы; б) двоякодышащее — *Sagenodus*, также типичное для верхнего карбона, известно главным образом по зубным пластинкам; часто встречается во многих горизонтах; в) крупная кистеперая — *Megalichthys*, распространенная в верхнем карбоне; г) представитель плеуракантных акуловых — *Didymodus*, обычный для многих горизонтов, встречается не только в виде зубов и шипов, но и целыми фрагментами скелета и черепа.

Амфибии Красных Слоев представляют большое разнообразие форм и, в отличие от позднекарбоновых фаун амфибий, представлены преимущественно крупными формами с большим количеством сухопутных адаптаций. Сухопутные адаптации амфибий служат указанием на благоприятный для жизни животных физико-географический режим с обширным распространением мелких теплых пресных вод. В сухом климате амфибии все без исключения представлены водными формами. В Красных Слоях в наибольшем количестве и наиболее часто встречаются крупные нектридии с большим «рогатым» и плоским черепом — *Diplocaulus*, а также мелкие червеобразные лизорофы. Весьма обыкновенны типично водные рахитомные лабиринтодонты — *Trimerorhachis* и эмболомерные — *Cricotus*, с удлиненным черепом. Также распространен *Eryops* и родственный ему, более древний *Edops* — огромные рахитомные лабиринтодонты «сухопутного» облика. Сравнительно редки сухопутные лабиринтодонты группы диссорофид — 5 родов интересных амфибий со спинным панцырем и своеобразными височными ямами. Вероятно, роющие животные. Редко встречаются стегоцефалы *Zatrachys* с особым развитием якобсонова органа и «рогатым» черепом. Еще более редки странные амфибии с чертами пресмыкающихся, возможно представители подкласса батрахозавров. Это мелкий *Isodectes* и известный по единственной находке *Anisodexis* — амфибия, отличавшаяся дифференциацией зубов, подобной тероморфам!

Батрахозавры, именно сеймурии, также сравнительно редкие члены фауны Красных Слоев.

Котилозавры имеют наиболее распространенными представителями крупных тяжелых диадектид, вероятно роющих животных болотных окраин лагун. Эта группа несет, наряду с чертами сильной специализации, черты очень большой примитивности. Другие котилозавры — небольшие весьма интересные капториниды — также часто встречаются в разных горизонтах. Эти формы представляют любопытно высокую ступень эволюции котилозавров, продвинувшуюся в направлении млекопитающих. Имеется несколько мелких, крайне редких котилозавров, обладающих чертами, переходными к высшим рептилиям — синапсидам: *Romeria*, *Eothyris*, *Helodectes* и другие, известные по единичным находкам черепов.

Также редок *Ostodolepis* с его странной для котилозавра адаптацией, напоминающей адаптацию быстрых хищников.

Остальные рептилии почти все принадлежат к первым представителям синапсид — пеликозаврам,— однако уже несущим ряд черт зверообразности, т. е. развития в направлении млекопитающих. Наиболее многочисленны примитивные крупные хищники офиакодоны — обитатели дельт, питавшиеся преимущественно рыбой, так же как и более прогрессивные диметродоны. Не меньшим распространением пользуются крупные эдафозавры, давшие ряд видов мелких и крупных. Это животные с зубами дробящего типа, растительноядные или питавшиеся моллюсками — первые представители травоядных, хотя первое определение их специализации вряд ли верно. Характерно, что и диметродоны и эдафозавры обладают высоким спинным костным гребнем из длинных остистых отростков позвонков, соединенных, вероятно, перепонкой. У эдафозавров эти шипы снабжены еще поперечными отростками. Адаптация этих животных не поддается точному объяснению. Редкими формами среди пеликозавров являются: *Casea*, сходная с эдафозаврами, но без гребня, со странными чертами специализации; маленькие *Mycterosaurus* и *Glaucosaurus*, вероятно представляющие собою невзрослые особи более крупных пеликозавров; примитивные ящерицеподобные варанозавры и предкового типа по отношению к диметродонам варанопсы (вероятно, невзрослые индивиды диметродонов). Совсем необычный облик имеет маленький *Tetraceratops* с четырьмя рогообразными выростами на черепе, известный по единичным находкам. В единственном экземпляре найден и трихозавр — вероятно, невзрослая особь *Casea* или же предковая форма эдафозавров. Известен еще *Bolosaurus* — также очень редкая форма с особым типом озубления, возможно родственная тетрацератопсу. Наконец, редки маленькие формы с легким скелетом, вероятно приспособленные для лазания по деревьям и добычи насекомых,— *Areoscelis* и *Ophiodeirus*, вероятно, представители особой группы рептилий, предковой для поздних мезозойских типов.

Крайне интересно отметить, что все наиболее редкие формы пресмыкающихся фауны Красных Слоев отличаются и наиболее сухопутным обликом. Это, несомненно, наземные животные в точном смысле этого слова. В то же время все наиболее распространенные формы несут признаки приспособления к водному или прибрежному образу жизни. Имеются и адаптации, прямо указывающие на питание моллюсками с твердыми раковинами, очевидно видами, образовывавшими банки у прибрежных отмелей в лагунах. Таковы по строению зубов диадектиды, возможно эдафозавры и частью капториниды — т. е. наиболее многочисленные, особенно в нижних горизонтах Красных Слоев, формы. Также заслуживает внимания, что наиболее редкие формы как раз несут черты переходного строения между крупными группами рептилий вместе с чертами примитивными. Распространенные же формы все наиболее специализованы.

Другие соотношения мы видим у амфибий. Правда, и здесь подавляющее большинство принадлежит формам водного характера, причем этот водный характер их адаптаций может быть назван вторичным, поскольку эти формы явно происходят от более мелких карбоновых форм, еще не столь ясно приспособленных к водному обитанию. Однако немногим уступают водным формам типа *Lysorophus*, *Diplocaulus* и *Trimerorhachis* остатки стегоцефалов типа *Eryops* — крупных форм сухопутного характера. В числе редких, единично встреченных в Красных Слоях форм, мы видим, с одной стороны, уже очень близких к пресмыкающимся сухопутных *Isodectes*, *Anisodexis*, возможно уже батрахозавров, и, с другой стороны, крайне редки единично встреченные формы типа *Thersomius* — мелкие

амфибии с параболическим черепом, близко родственные столь распространенным в верхнекаменноугольных угленосных свитах бранхиозаврам.

Общий фациальный характер Красных Слоев несколько изменяется вверх по стратиграфической вертикали. В нижних горизонтах (серия Вичита) отмечается преобладание песчаников, напластованных массивными слоями; верхние горизонты (Клир-Форк) представлены преимущественно красными глинами, толстыми слоями перемежающимися с тонкими пластами песчаников и голубых глин, иногда меденосных, известняками, песчаниками и глинистыми сланцами. Известняки магнезиальны и сильно битуминозны, часто вмещают скопления костей. К верхним слоям сланцы становятся более песчанистыми, а песчаники — слоистыми и глинистыми. Это изменение совпадает с увеличением гипсовых прослоев, которые особенно часты и велики в самой последней серии Красных Слоев — Дабл Маунтен. Соответственно изменению фациального характера толщ остатки позвоночных изменяют характер захоронения. Проследить изменения состава фауны по типам адаптаций пока еще невозможно. В более высоких слоях редки типы захоронений в виде нанесенных на обширной площади остатков, чаще встречаются концентрации в небольших линзообразных карманах. В общем можно сказать, что нижние горизонты Красных Слоев отложены при большем участии текучих пресных вод, чем серия Клир-Форк, где преобладают бассейны со стоячей водой, типа озерков или стариц. Еще меньшее поступление проточных вод может быть установлено для верхней гипсоносной толщи — Дабл Маунтен.

В заключение нашего рассмотрения области захоронения Красных Слоев США интересно отметить, что многие формы амфибий и рептилий этой фауны несут черты приспособления к ночному образу жизни. По всей вероятности, архаические типы наземных позвоночных в начале своего возникновения были связаны с обстановками затененных карбоновых лесов — древнейшими областями обитания тетрапод. Переход к обитанию вне затененных лесных зон совершился через приспособление к ночному образу жизни.

Пермские местонахождения Западной Европы во многом сходны с Красными Слоями США. Они также залегают в красноцветных континентальных фациях, связанных в своем происхождении с угленосными бассейнами, и содержат в общем сходную фауну рептилий и амфибий. Однако все эти местонахождения представляют собою отдельные островки красноцветных толщ в разрозненных материковых впадинах, а не гигантскую эврилитему красных осадков вдоль прибрежной полосы опускания, отделенной от моря барьерным рифом.

Среди западноевропейских местонахождений отметим богатые местонахождения в красноцветных слоях Деленского бассейна в Саксонии (Плауэнш-Грунд). Здесь в отдельной впадине отложилась толща песчаников, конгломератов и сланцевых глин около 450 м мощностью с многочисленными излияниями порфиров. В нижних слоях толщи мы встречаем линзы угля, как последние остатки карбонового углеобразования, отлагавшиеся в маленьких заболоченных оазисах лесов карбонового типа. В верхних горизонтах этой толщи в углистых, иногда горючих сланцах, залегающих линзообразно в слоистых красных песчанистых глинах, находится множество остатков наземных позвоночных. Костные остатки сосредоточены в кровле сланцев, в сравнительно тонком слое плотного битуминозного сланца и по характеру залегания и сохранности весьма сходны с обычными местонахождениями карбона. Заключенная здесь фауна амфибий отличается преобладанием мелких карбоновых типов — бранхиозавров, встречающихся целыми скелетами, совместно с молодыми особями и личинками. Реже попадаются мелкие нектридии, также характерные для

карбоновых местонахождений. Таким образом, здесь мы имеем типично карбоновую фацию захоронения — озерко в болотном лесу, — сохранившуюся до перми и среди пермских обстановок седиментации. Крупные водные лабиринтодонты пермского типа (*Archegosaurus*) встречаются здесь в прослоях плоских крупных конкреций глинистого железняка, взрослые особи и личинки вместе, целыми скелетами, т. е. опять-таки в условиях захоронения, характерных для карбона. Имеется уже и настоящий пермский тип захоронения. К нему относятся находки рептилий — крупных пеликозавров *Pantelosaurus*, — весьма близких к североамериканским. Остатки пеликозавров залегают в виде отдельных скоплений целых скелетов нескольких одновозрастных особей на плоскости напластования плитчатого глинистого песчаника, залегающего выше линз углистых сланцев с бранхиозаврами, почти на контакте с ними. Совершенно сходны с деленскими местонахождениями уже ранее упоминавшиеся пермские местонахождения Лебаха, где множество остатков архегозавров залегает в конкрециях глинистых железняков, горизонт которых здесь шире распространен и более богат, чем в Саксонии.

Иной характер носит огромная и чрезвычайно интересная область развития пермских местонахождений наземных позвоночных в Советском Союзе, развитая в виде меридиональной полосы в восточной части Русской равнины, вдоль западных предгорий Урала. Эта область представляет собою обширную эврилитему континентальных красноцветных осадков, отложенную в предгорной впадине герцинского Уральского хребта. Здесь обнаружено около 80 местонахождений наземных позвоночных, распределяющихся по различным стратиграфическим зонам от средней перми до нижнего триаса. Эврилитема приуральских местонахождений несет много черт, сходных с Красными Слоями США. Подобно последним, она отложена в прибрежной полосе и, повидимому, также связана с барьерными рифами, признаки широкого распространения которых все чаще обнаруживаются с развитием геофизических исследований и буровых работ. Однако пермские красноцветы Приуралья преимущественно отлагались не в лагунах, а в дельтах многочисленных коротких рек, стекавших с находившегося поблизости высокого хребта древнего Урала. Отложение в условиях предгорного прогиба определило большую скорость осадконакопления и иной характер фаций. С другой стороны, наличие ледников на уральском высокогорье (признаки тиллитоподобных фаций в нижнепермских отложениях Приуралья) обусловило смягчение жаркого климата, наличие многочисленных сероцветных фаций среди красных пород и большое количество растительных остатков. Близкое расположение умеренной климатической зоны определило иной ход развития фауны наземных позвоночных, которая показывает нам переходную ступень между североамериканской фауной Красных Слоев и гондванской фауной зверообразных рептилий Африки и других южных материков. В этих особенностях нашей пермской области захоронения и заключается ее мировой интерес и значение.

Наиболее низкие горизонты костеносной перми Приуралья вскрыты преимущественно только в старых медных рудниках Башкирии, Татарии, Чкаловской и Молотовской областей. Остатки наземных позвоночных залегают в виде разрозненных частей скелета и отдельных черепов, очень редко целыми комплексами, в меденосных песчаниках и конгломератах, встречающихся в виде огромных линз в красных известковистых глинах, красных и желтых песчаниках. В отличие от североамериканских местонахождений красные породы Союза обычно не содержат органических остатков. Кости позвоночных и растительные остатки сосредоточены в сероцветных породах и, опять-таки, преимущественно в песчаниках, а не в

глинистых породах, как в Красных Слоях. Это стоит в связи с иным способом захоронения, при котором костный материал выносился в область осадконакопления сравнительно издалека быстрыми речными потоками и отлагался в подводных руслах коротких и крутых дельт. Линзы сероцветных костеносных пород имеют обычно лентообразную форму; песчаники

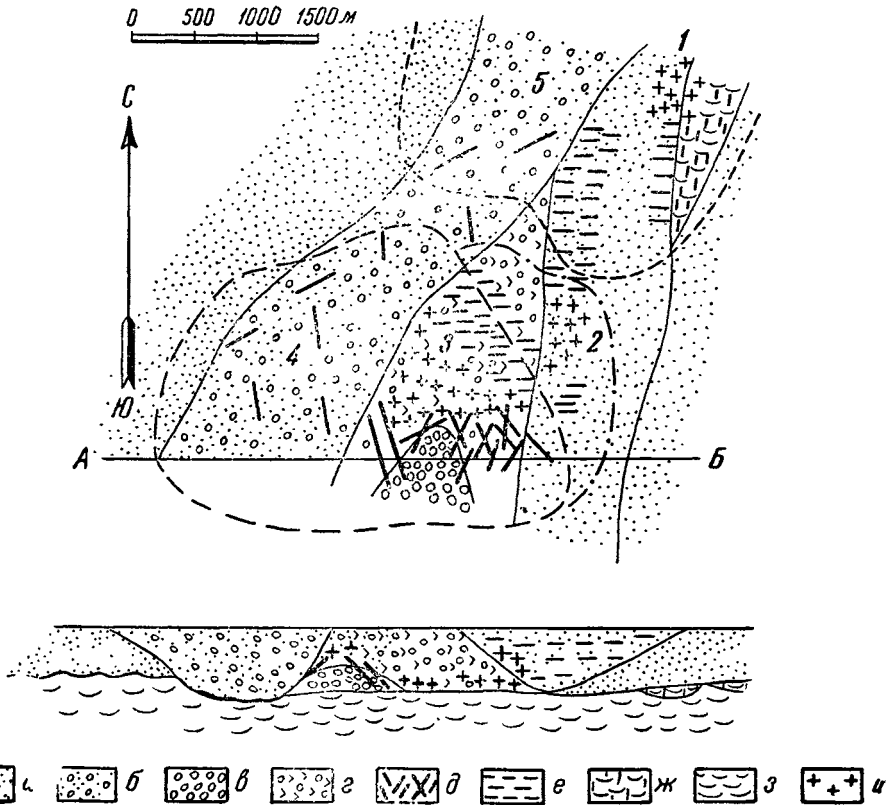


Рис. 6. Схематический план и профиль распределения остатков позвоночных и растений в наиболее низких горизонтах рудного поля старого Ключевского рудника, Башкирская ССР.

А — Б — разрез. Крупными черточками очерчено поле старых разработок Ключевского рудника (1750—1790 гг.), черточками и точками—поле последних разработок (1790—1820 гг.), мелкими черточками — поле южной части Каркалинского рудника (1730—1770 гг.).
1 — главная костеносная линза Каркалинского рудника; *2* — скопление костей в новых восточных шахтах Ключевского рудника; *3* — основная костеносная линза старого Ключевского рудника; *4* — главная линза рудных конгломератов; *5* — то же для Каркалинского рудника. *а* —рыхлые песчаники; *б* — мелкогалечные конгломераты; *в* — крупногалечные рыхлые конгломераты; *г* — конгломераты с обломками красных вапов; *д* — окремнелые стволы вальхий; *е* — участки, обогащенные углистыми растительными остатками; *ж* — линза меденосного песчанистого мергеля; *з* — размытая поверхность красных известковистых глин; *и* — кости наземных позвоночных.

и конгломераты в них характеризуются беспорядочным напластованием; кости и остатки растений также беспорядочно распределены в массе породы (Ефремов 1948).

Самые низкие горизонты I зоны (рудники Башкирии) отличаются развитием меденосных конгломератов с галькой уральских пород и нагромождениями громадных окремнелых бревен древесных стволов. Кости нередко встречаются среди подобных нагромождений (рис. 6). Нижние горизонты

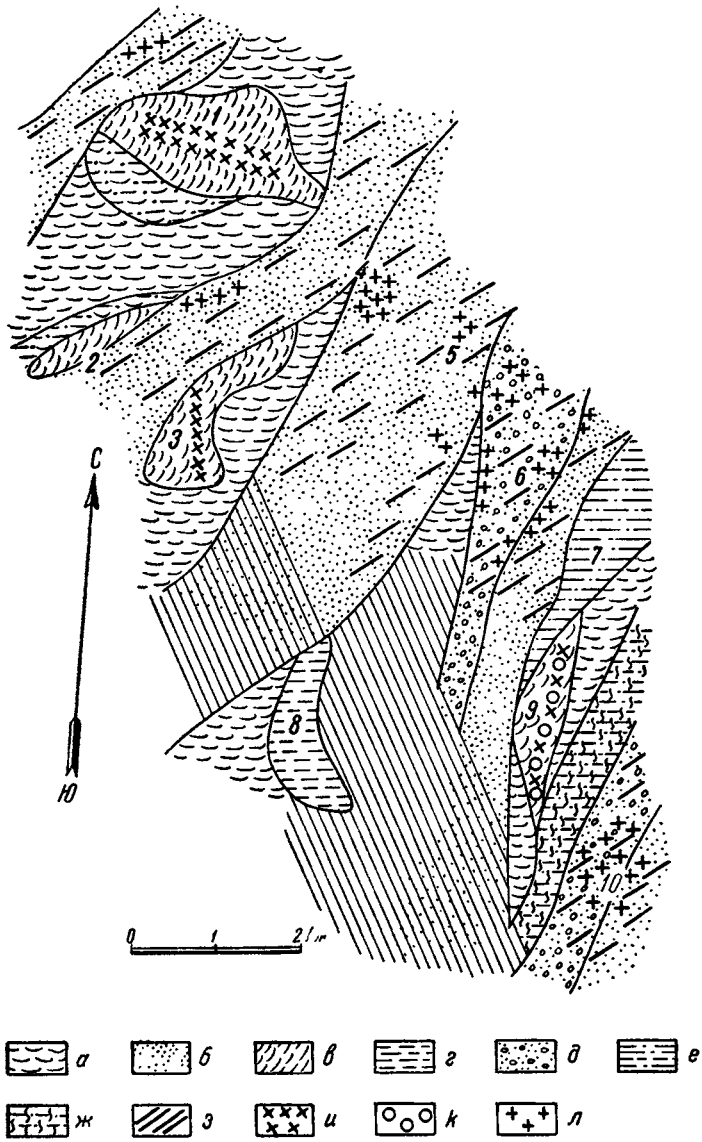


Рис. 7. Схематический план распределения остатков позвоночных в главном поле Каргалинских рудников Чкаловской области.

1 — мергельная линза Кузьминовского рудника; *2* — мергельная линза Уральско-Березовского рудника; *3*—такая же линза Никольского рудника; *4* — скопления костей в песчаниках Казенного (Старомясниковского) рудника; *5* — костеносные песчаниковые линзы Петровеликанской штольни и Михайловского рудника; *6*—большие костеносные песчаниковые линзы Левского, Архангельского и Правского рудников; *7* — область слоистых безрудных песчаников с растениями; *8* — мергельная линза Смежного рудника; *9* — мергельная линза Рождественского рудника; *10* — крупные песчаниковые и конгломератовые линзы Щербаковского рудника.

Область, заштрихованная косой штриховкой, неизвестна в деталях. План составлен по наиболее глубоким горизонтам рудной толщи. *а*—известковистые красные глины (вапы); *б* — песчаники; *в* — серые меденосные мергели; *г* — слоистые глинистые песчаники с растительными остатками; *д* — грубые песчаники и конгломераты с мергелевой галькой; *е* — белые рудные немые мергели; *ж* — слоистые глинистые песчаники с насекомыми; *з* — окремнелые стволы вальхий; *и* — кости рыб; *к* — кости стегоцефалов; *л* — кости рептилий.

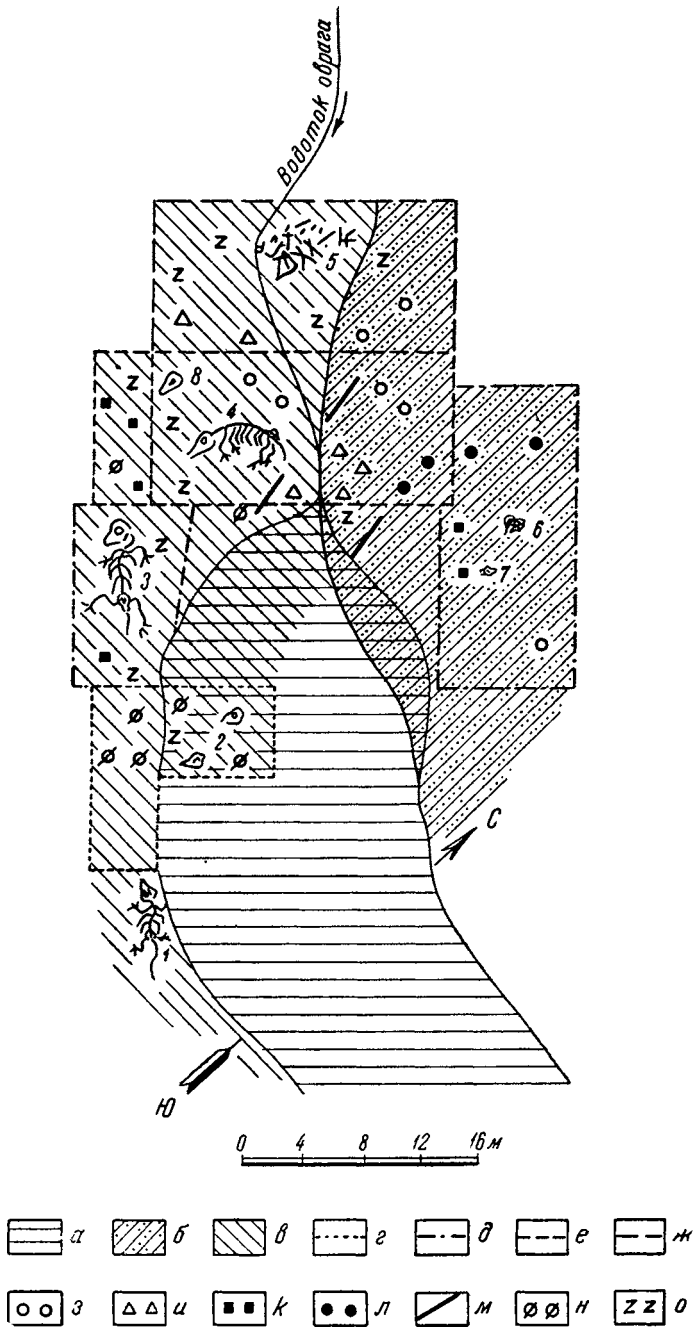


Рис. 8. План раскопок местонахождения Ишеево в Каменном овраге.

1 — скелет хищного дейноцефала, найденный в 1929 г.; *2* — скопление черепов, ребер и поясов конечностей, извлеченное раскопками Центр. геол. музея в 1931 г.; *3* — скелет улемозавра, лежавший спиной вниз; *4* — скелет хищного дейноцефала, найденный в 1934 г.; *5* — частично разнесенный скелет крупного хищного дейноцефала, 1935 г.; *6* — череп батрахозавра-лантанозуха, 1939 г.; *7* — череп стегоцефала; *8* — череп клиоризодона.

а — площадь, размытая оврагом; *б* — площадь развития чистых плотных песков с галечками глин и окатанными мелкими костями; *в* — площадь развития глинистых песков; *г* — контуры раскопок Центр. геол. муз. 1930/1931 гг.; *д* — контуры раскопок ПИН 1939 г.; *е* — раскопки ПИН 1934 г.; *эж* — раскопки ПИН 1935 г.; *з* — остатки стегоцефалов; *и* — остатки акул; *к* — остатки венюковий; *л* — остатки сеймурий и тероцефалов; *м* — остатки крупных стеблей растений; *н* — остатки травоядных улемозавров; *о* — остатки хищных дейноцефалов. Скелеты нарисованы без соблюдения масштаба.

отличаются также тесной связью с морскими слоями, постоянно присутствующими поблизости, в которые песчаники, выклиниваясь, переходят. Известны очень своеобразные фации меденосных брахиоподовых ракушников (Сантагуловский рудник), в которых также встречаются кости наземных рептилий. Сохранность костей очень хороша, с редкой деформацией — как правило, кости пропитаны медными соединениями.

В более высоких горизонтах (II зона) конгломераты приобретают подчиненное значение и теряют гальку уральских пород. Костеносные линзы представлены медистыми песчаниками и, реже, мергелями с остаками рыб, отпечатками растений и насекомых (рис. 7). Еще выше и далее к западу залегают обширные площади дельтовых песков среди красноцветных глин

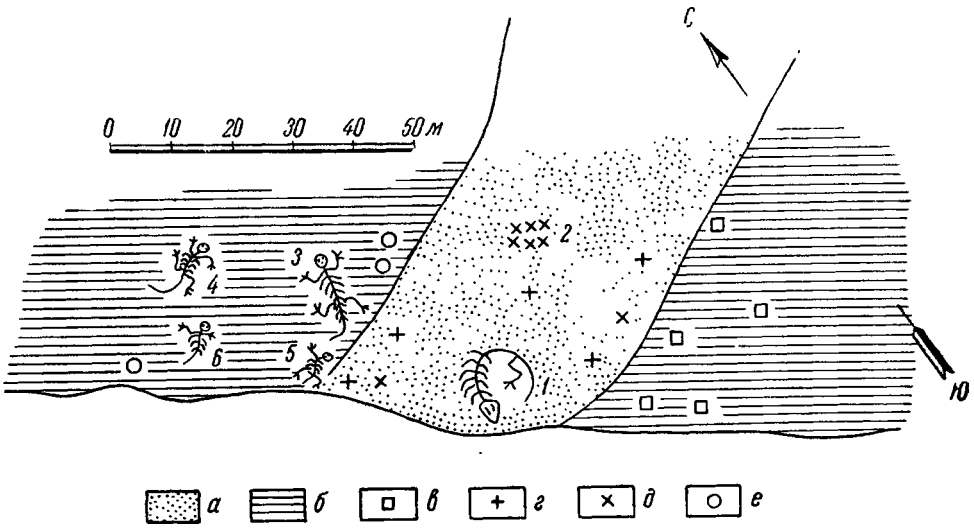


Рис. 9. Схематический план части Белебеевского местонахождения. г. Белебей. Скелеты нарисованы без соблюдения масштаба — сильно преувеличены.

1 — скелет стегоцефала платиопс: *2* — скопление отдельных костей стегоцефалов; *3* — скелет котилозавра, *4* — скелет мелкого котилозавра; *5* и *6* — неполные скелеты мелких котилозавров, лежавшие на спине.

а — песчаник и плотный песок; *б* — песчанистая глина с обугленными корнями растений; *в* — отдельные кости котилозавров; *г* — стволики растений; *д* — отдельные кости стегоцефалов; *е* — отдельные кости пеликозавров.

и белых мергелей, непосредственно под так называемой «переходной толщей» белых мергелей, доломитов и известняков с гипсами. В дельтовых песках встречаются богатые местонахождения (Ишеево, Малый Чуран) полных скелетов крупных рептилий в ассоциации с остатками акуловых рыб, но без всяких следов остатков растений (рис. 8). В других фациях тех же горизонтов II зоны (Белебей) мы встречаем многочисленные скелеты мелких рептилий — примитивных котилозавров и пеликозавров, по всей вероятности болотных форм, захороненных целыми скелетами преимущественно в глинах (рис. 9).

В кластогенных фациях переходной толщи (III зона) известны очень богатые местонахождения в известняках и мергелях. Таковы Шихово — Чирки у г. Кирова, где в мергелистых известняках открыто обширное поле массового скопления тысяч особей стегоцефалов *Platyops* вместе с редкими остатками рептилий (рис. 10), а также местонахождения низовьев Мезени. В последних в красноватых песчанистых мергелях залегают остатки тысяч

особей мелких котилозавров и пеликозавров, представленных животными почти одинакового размера.

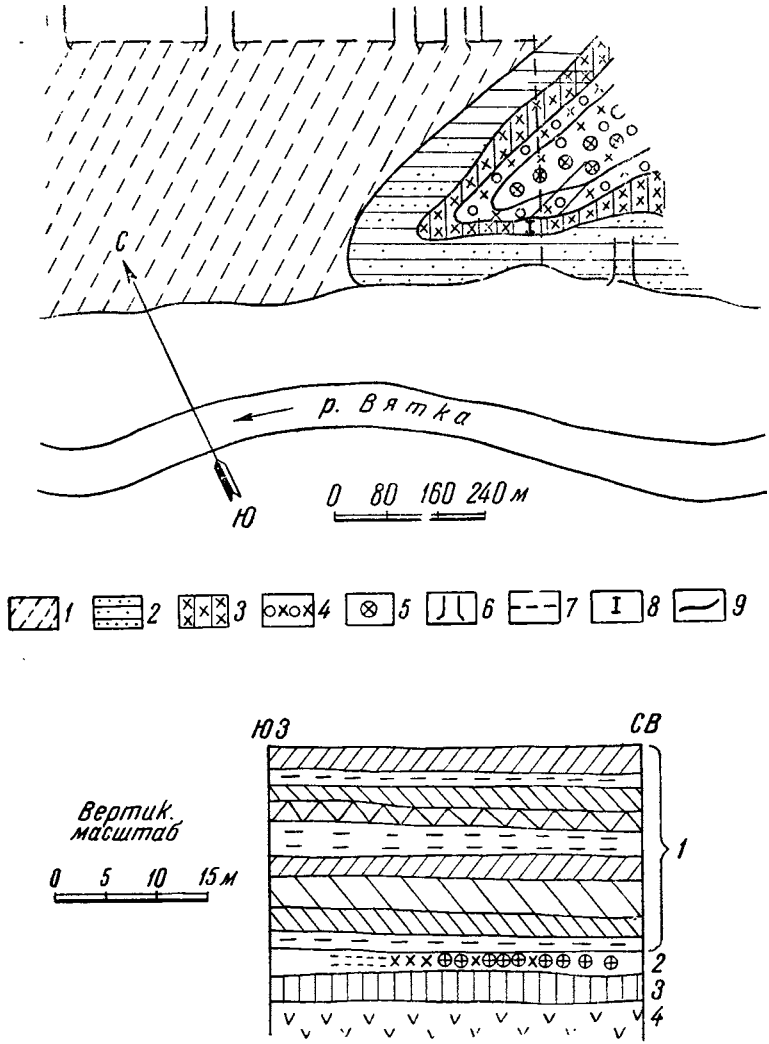


Рис. 10. Вверху—схематический план северо-восточного угла Шихово-Чирковских каменоломен. Косая пунктирная штриховка очерчивает распространение пласта «беляк», не содержащего органических остатков. План составлен по уровню этого пласта.

1 — площадь беляка без фауны; *2* — беляк с редкими чешуями рыб; *3*— беляк с остатками рыб; *4*— беляк с остатками рыб и молодых особей стегоцефалов; *5* — остатки взрослых стегоцефалов и рептилий; *6* — устья штолен; *7* — граница разработок каменоломен; *8*— устье штольни, пробитой для раскопок ПИН; *9* — обрыв террасы р. Вятки.

Внизу—разрез этого же угла.

1 — толща массивных и слоистых светлосерых и желтоватых известняков; *2* — пласт белого мергелистого известняка «беляк»; *3* — серый твердый известняк с доломитом — «дикарь»; *4* — гипс и доломит.

В верхних слоях пермской эврилитемы — IV зоны мы снова встречаемся с местонахождениями типа песчаных линз-каналов, промытых в красноцветной толще известковистых глин и представляющих собою

подводные русла в оконечностях больших дельт (рис. 11). Примером этих местонахождений могут служить громадные линзы Северной Двины, в конкрециях среди песков которых была открыта знаменитая северодвинская фауна Амалицкого, с большим количеством полных скелетов и тысячами отдельных костей (рис. 12). Кроме остатков наземных позвоночных,

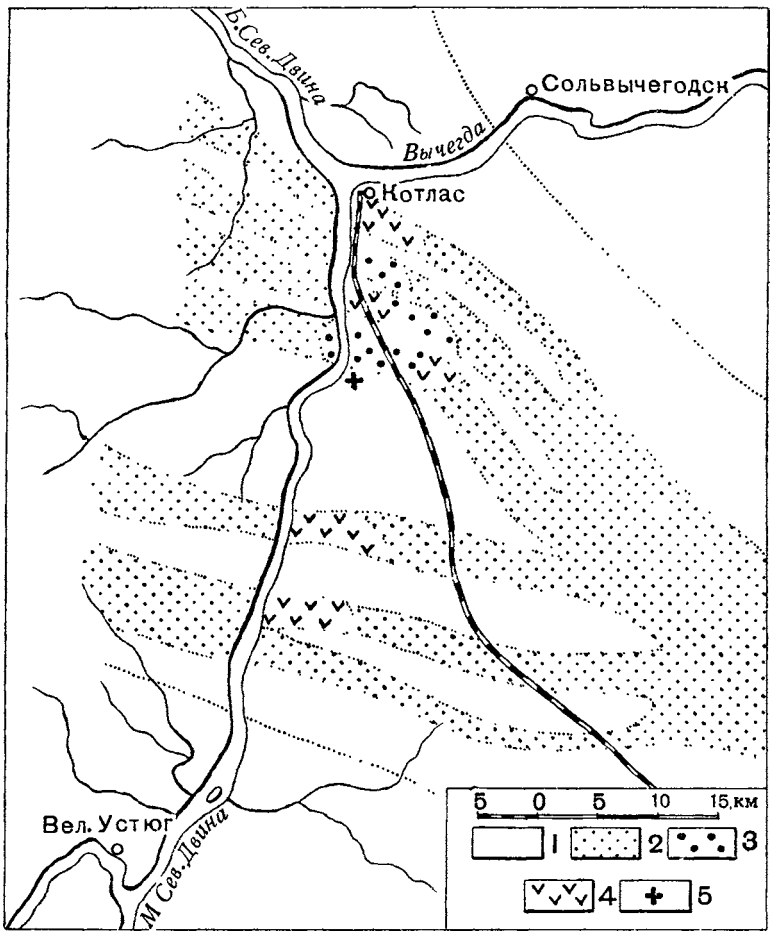


Рис. 11. Схема дельтовых русел пермского возраста в районе главных линз М. Северной Двины.

1 — области затопленной дельты с медленным течением (мергели); *2* — подводные каналы, промытые в осадках дельты струями быстрого течения; *3* — скопления костей и скелетов наземных позвоночных в песчаных линзах; *4* — растительные остатки в линзах; *5* — линза Соколки.

в северодвинских конкрециях часто встречаются превосходные отпечатки растений. Кроме северодвинских местонахождений, такая же фауна известна из песчаных линз Ильинского на Волге, близ Тетюш, несколько другие фации (захоронение невзрослых форм парейазавров целыми скелетами в красных глинах р. Вятки у Котельнича; захоронение тех же форм северодвинского типа в конгломератах р. Оки у Горького и на р. Сухоне, в обоих случаях в виде разрозненных и разломанных фрагментов) известны еще в районах, промежуточных между Северной Двиной и Приуральем. Местонахождения неорахитомных лабиринтодонтов, пользующие-

ся огромным распространением в восточной части Русской платформы, относятся уже к базальным слоям триаса и не подлежат подробному рассмотрению в настоящей работе. Вкратце мы опишем их при сравнительном анализе типов местонахождений мезозоя и кайнозоя.

Обращаясь к географическому распространению местонахождений различных зон в пределах Приуральской пермской полосы, мы видим, что более поздние местонахождения встречаются в более тонкозернистых породах, чем нижние, и в то же время находятся все в большем удалении

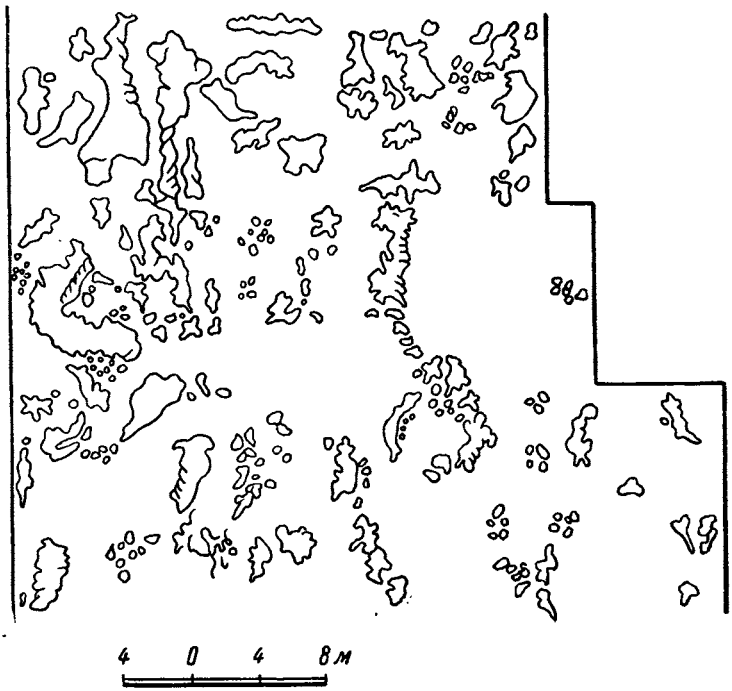


Рис. 12. План раскопок северо-западного угла линзы Соколки: контуры песчаниковых конкреций со скелетами пресмыкающихся и их взаимное расположение. Раскопки В. П. Амалицкого на М. Северной Двине.

к западу от оси Уральского хребта. Это явление находится в несомненной связи с заполнением предгорного прогиба и все более далеким отбрасыванием продуктов сноса при постепенном росте горного сооружения. Мы сталкиваемся с таким перемещением фаций в зоне сноса у всех поднимающихся горных сооружений (например, в третичных осадках подножия нашего Тянь-Шаня и подножия Гималаев). Отмеченное смещение континентальных фаций перми к западу лишний раз свидетельствует об особом характере нашей пермской эврилитемы, не присущем другим крупным областям пермского осадконакопления и захоронения фауны.

Фауна наземных позвоночных в Приуральских пермских местонахождениях представлена двумя основными крупными группировками. В нижних зонах преобладают остатки крупных дейноцефалов (*Rhopalodon* и *Deuterosaurus*, позднее — *Titanophoneus* и *Ulemosaurus*) — еще очень примитивных форм, близких к пеликозаврам. Интересно, что эти

дейноцефалы — хищные и травоядные — всегда встречаются совместно, образуя как бы пару из хищника и травоядного. Остаткам этих «парных» форм принадлежит приблизительно 80% всех костей, залегающих в том или другом местонахождении. Более редко встречается хищный *Cliorhizodon* — дейноцефал меньшего размера и особой специализации зубной системы. Довольно многочисленны остатки амфибий, принадлежащие главным образом гавиалоподобному лабиринтодонту *Platyops* и архегозавриду *Melosaurus*. Весьма редки остатки замечательного батрахозавра *Lanthanosuchus*. Несравненно реже встречаются сухопутные диссорофидные стегоцефалы *Zygosaurus* и в единичных находках встречена интересная форма с параболическим черепом — *Enosuchus*.

Среди рептилий редкие формы представлены грызуноподобными дейноцефалами *Venjukovia*, стоящими в то же время близко к предкам дицинодонтов, отдельными фрагментами тероцефалов и древних парейазавров, а также какими-то плохо известными, но очень архаическими формами типа *Casea*.

В позднейших горизонтах — четвертой зоне, соответственно продвинувшемуся эволюционному развитию фауны, мы не находим уже примитивных дейноцефалов. Однако замечательно то, что пара из крупного травоядного и крупного хищника сохраняется также во всех крупных местонахождениях и также доставляет подавляющее количество остатков. Только место травоядных дейноцефалов здесь занимают парейазавры — крупные бегемотообразные роющие животные со слабыми и редкими зубами. Вместо хищных дейнофецалов появляются огромные горгонопсии — иностранцевии. Некоторым отличием служит то, что в местонахождениях IV зоны отмечается преобладание остатков травоядного члена пары, в то время как в местонахождениях нижних двух зон хищник преобладает по количеству своих остатков. Вместо разнообразных стегоцефалов нижних зон, амфибии представлены единственным родом *Dvinosaurus*, вдобавок неотенической формой, т. е. находившейся в состоянии половозрелой личинки, подобно современным аксолотлям. Редкие формы в местонахождениях четвертой зоны — это последние батрахозавры *Kotlassia* и высокопрогрессивные цинодонты, близкие к млекопитающим мелкие рептилии с очень сложной зубной системой. В довольно большом количестве встречаются дицинодонты — травоядные рептилии с редуцированным озублением, вместо которого был развит режущий роговой чехол, как у современных черепах. Однако общее количество остатков дицинодонтов значительно меньше, чем парейазавров и горгонопсий.

Вторая крупная группировка фауны в наших пермских местонахождениях представлена мелкими котилозаврами группы проколофонид и мелкими пеликозаврообразными формами, близкими к предкам эозухий и горгонопсий. Эти группировки типичны для верхних горизонтов нижних зон, именно для глинистых их фаций, в которых никогда не встречаются члены первой фаунистической группировки. Как правило, захоронение второй фаунистической группировки всегда является массовым захоронением целых скелетов особей одинаковой величины и возраста. Все огромное количество остатков принадлежит всего двум-трем формам. Намечаются и другие фаунистические группировки по захоронению. Так, мы можем говорить о массовом захоронении разрозненных остатков стегоцефалов *Platyops* и *Melosaurus* в известняках Шихово — Чирков (рис. 10), в конгломератовых прослоях Гулюшермы на Каме и т. д. Однако в таких местонахождениях всегда имеется примесь остатков мелких рептилий второй фаунистической группировки, что указывает на несомненную связь процессов захоронения этих типов местонахождений. Это подтверждается наличием местонахождения переходного типа у гор.

Белебея (рис. 9). Здесь в верхнем отделе белебеевской свиты пестроцветных известковистых глин и мергелей выходит пласт песчаника около 2 м мощностью, содержащего остатки наземных позвоночных. Песчаник напластован весьма неравномерно — ленточными линзами и по простиранию переходит в слои песчанистых глин, снова сменяющиеся песчаником до нескольких раз на простирании пласта около 1 км. Глинистые разности костеносного пласта содержат остатки форм второй фаунистической группировки в виде целых скелетов. В песчаных разностях того же пласта найдены скелеты *Platyops*.

В результате рассмотрения фауны четвероногих Приуральской пермской эврилитемы становится очевидным, что по преобладанию типичных адаптаций намечается полное сходство с общей экологической характеристикой фауны Красных Слоев. Преобладающее количество остатков принадлежит крупным членам фауны, в то же время несомненно адаптированным к водному или прибрежному образу жизни. В местонахождениях нижних зон типа Ишеевского найдено огромное количество крупных копролитов, могущих принадлежать только хищным дейноцефалам. В копролитах всегда заключено множество обломков костей и чешуй ганоидных рыб типа *Amblypterus* и *Platysomus*, постоянно встречающихся в местонахождениях нижних зон среди костей дейноцефалов. По всей вероятности, наши пермские титанозухиды унаследовали способ питания, установленный для крупных хищных пеликозавров Красных Слоев, тесное родство с которыми уже отмечалось выше. Питание рыбой подразумевает крокодилообразный речной образ жизни. Травоядные дейноцефалы по некоторым признакам также несомненно тяготеющие к воде формы. То же нужно сказать о парейазаврах и горгонопсиях верхних зон. Таким образом, преобладающие формы в наших местонахождениях тоже водные. Однако в них отсутствуют моллюскоядные адаптации, характерные в Красных Слоях, и самый облик наших форм, так сказать, несколько более близок к сухопутному. Редкие формы нашей пермской фауны, совершенно подобно Красным Слоям, также представлены сухопутными адаптациями различных групп. Чем выше эволюционная ступень данной группы, тем выше и приспособление к наземному сухопутному обитанию. Для стегоцефалов наиболее сухопутными будут роющие прибрежные диссорофиды, как раз входящие в состав редких форм приуральских местонахождений. Для рептилий таковыми будут грызунообразные венюковии и млекопитающеобразные наземные хищники — тероцефалы, цинодонты — именно эти формы являются редчайшими в наших местонахождениях.

По всей вероятности, местонахождения фаунистических группировок первого типа представляют собою выносы при затоплении низменных речных областей типа субаэральных частей дельт. Остатки животных выносились в виде плавающих трупов, что обусловливало цельноскелетный тип захоронения при значительной дальности переноса. Интересно, что большинство целых скелетов залегает на самой границе костеносных песков, непосредственно под кроющими породами, в большинстве случаев — красными известковистыми глинами. Некоторые кости, выдающиеся из костеносного пласта вверх в красные глины, срезаны как ножом — в красных глинах не было условий для сохранения костей. Это совпадение захоронения наибольшего количества животных остатков с переменой в характере седиментации очень типично и распространено в большинстве местонахождений наземных позвоночных.

Другой характер имеют массовые захоронения фаунистических группировок второго типа. Здесь остатки животных одного размера разбросаны во всей толще костеносного пласта, без заметной локализации вверху

или внизу. Исключительное однообразие животных во всех участках костеносного пласта, где даже представители различных групп обладают сходными адаптациями, заставляет предполагать, что эти местонахождения образовались в результате какого-то процесса, захватившего обширную область и вызвавшего массовую гибель только определенных адаптаций среди всех обитателей данной области. Подобные явления могут получаться, например, при сезонных наводнениях в болотистых равнинах, хотя, конечно, это объяснение безусловно не единственное.

Сохранность костей позвоночных в местонахождениях красноцветных толщ Приуралья в большинстве случаев исключительно хорошая, что объясняется преимущественным захоронением в песчаниках и отсутствием тектонических и диагенетических деформаций. Исключение составляют местонахождения с захоронением в глинах или известняках, в которых кости плохо отделяются от породы и очень хрупки, а также чаще деформированы. Кости из песчаников, как рыхлых, так и плотных, обычно сохраняют свою поверхностную стекловидную пластинку и легко препарируются. Совсем особенным свойством наших местонахождений является довольно частое захоронение в совершенно не затвердевших песках, кости в которых, однако, полностью минерализованы и достаточно тверды. Материалы из таких местонахождений допускают необычную для палеонтологических остатков препаровку с полным освобождением от породы самых сложных объектов.

В некоторых песчаных костеносных линзах II и IV зон встречаются кости совершенно белого цвета с рыхлой поверхностью, повидимому, выбеленные и отчасти разрушенные на субаэральной поверхности, до погребения в осадке. Местами встречаются тонкие прослои из окатанных и разломанных костных фрагментов, обычно залегающие на границах линз косослоистых песчаников. Это остатки местонахождений, уничтоженных местными перемывами.

Общая мощность костеносных пермских красноцветов Приуральской эврилитемы сравнительно невелика и вряд ли много более 500 м. Имеются факты, указывающие на наличие значительных перерывов, что несомненно стоит в связи с близостью поднимающегося хребта и, вероятно, с движениями в области самой предгорной впадины, постепенно включавшейся в зону поднятий бывшей геосинклинали. Мощность нижнепермских, не содержащих местонахождений свит значительно больше, однако и в них мы встречаем явственные доказательства перерывов в опускании. Пермские местонахождения наземных позвоночных южных материков, при их громадном распространении, все моложе Красных Слоев Техаса и красноцветов Приуралья. Исключение составляют небольшие местонахождения своеобразных водных пресмыкающихся — мезозавров, принадлежащие низам перми, а возможно, в некоторых случаях, и верхнему карбону.

Мезозавры, несмотря на свое древнее распространение, являются весьма специализованными формами, с верхними височными ямами, с длинными челюстями и длинными зубами. Интересно встречающееся у мезозавров утолщение ребер и увеличение числа пальцевых фаланг, характерное для далеко зашедших приспособлений к водному, точнее морскому, образу жизни в разных группах и классах наземных позвоночных. Мезозавры свидетельствуют о весьма ранней адаптивной радиации древнейших пресмыкающихся, относящейся к тому времени, от которого мы знаем весьма архаические типы первых завоевателей суши, и, таким образом, являются единственными свидетелями многообразной эволюции рептилий, происходившей на южных материках до оледенения, от истории которой уцелели эти незначительные обрывки. Все местонахождения мезозавров, как в Южной Африке (Карроо), так и в Южной Америке (Бразилия), сосредо-

точены в свитах темных сланцев мощностью около 150 м, залегающих в верхах серий Двика и Ирати над моренными отложениями карбонового оледенения — тиллитами. Сланцы в нижних горизонтах заметно песчанисты и содержат даже тонкие прослои песчаников. Верхние горизонты сложены черными битуминозными сланцами с пиритом, местами с небольшими линзами черных 75% фосфоритов. В самых верхних слоях встречены прослойки кремнисто-битуминозных пород. Остатки мезозавров приурочены именно к верхним черным сланцам, в которых они встречаются спорадически, не образуя значительных скоплений. В одних местонахождениях (Бразилия, север Капской провинции) попадаются целые скелеты, редко по нескольку особей вместе. В других находятся только разрозненные и разбросанные кости, иногда образующие (Каоковельд, Ю. Африка) тонкие прослои между плоскостями напластования двух, заметно утолщенных в этих случаях, слоев сланца.

В этих же свитах найдены остатки морских беспозвоночных (*Eurydesma*, *Conularia*), а также большое количество остатков рыб, часто образующих прослои «рыбных сланцев». Рыбы представлены главным образом пресноводными ганоидами — палеонисцидами. Как правило, остатки рыб и беспозвоночных не встречаются вместе с костями мезозавров. Морские беспозвоночные приурочены преимущественно к нижним горизонтам, рыбы — к средним, а мезозавры встречаются вверху разреза сланцев. Эти общие наблюдения, разумеется, имеют и исключения. Изредка встречаются мелкие обломки древесины, в других местах — ракообразные *Anthropalaemon*.

Местонахождения мезозавров явственно связаны с зараженными сероводородом замкнутыми бухтами моря, трансгрессировавшего на окраины пониженного в результате оледенения материка, непосредственно вслед за таянием льдов. Отсутствие пригодных для захоронения наземных позвоночных континентальных фаций определило полную неизвестность фауны древнейших тетрапод Гондваны, от которой мы знаем только мезозавров, благодаря своему приспособлению к водной жизни сохранившихся в прибрежноморских фациях, не получавших органических остатков с материка.

В более позднее пермское время на территории Гондваны развиваются мощные осадконакопления континентальных фаций, в которых залегают многочисленные и богатые местонахождения наземных позвоночных. Самые мощные и полные отложения гондванских фаций представлены в формации Карроо в Южной Африке, которую мы и рассмотрим подробнее остальных.

Выше очень мощной серии Двика, сложенной тиллитами и черными сланцами с местонахождениями мезозавров, которое мы только что описали, залегает толща песчаников, глин и глинистых сланцев до 2000 м мощностью — серия Экка. Нижние горизонты Экка представлены темными сланцами, весьма похожими на верхние сланцы Двика. Средняя часть серии Экка выражена темноцветными тонкозернистыми песчаниками, зачастую угленосными. Верхняя часть серии — снова темные сланцы, иногда песчанистые, с тонкими прослоями песчаников. Таким образом, вся эта огромная толща представлена темноцветными тонкозернистыми породами. В песчаниках нередко встречаются окремнелые обломки древесных стволов, в нижних сланцах — отпечатки следов небольших наземных позвоночных. В верхних горизонтах в прослоях песчаника найдены единичные кости крупных пресмыкающихся типа дейноцефалов. Таким образом, эта громадная толща поразительно бедна ископаемыми остатками, за исключением растений, распространенных как в угленосных пачках, так и помимо их. На обширной площади своего развития породы Экка обнаруживают

значительные фациальные обособления. Так, к востоку наблюдается общее укрупнение зерна песчаников, появляются конгломераты, к югу отмечено преобладание тонкозернистых осадков и выклинивание угленосных пачек. На серию Экка согласно налегает серия Бофорт — не менее мощная толща, заключающая огромное количество местонахождений тетрапод. Богатая фауна позвоночных, представленная крупными и весьма разнообразными формами, внезапно появляется в нижних слоях в основании серии Бофорт — зоне *Tapinocephalus*. Скопления остатков позвоночных обычно невелики по количеству заключающегося в них материала, но зато встречаются сравнительно часто, будучи рассеянными в слоях как по простиранию, так и на различных стратиграфических уровнях. Нижние зоны серии Бофорт отличаются преобладанием темнозернистых осадков. Песчаники более всего развиты в самых низких горизонтах (зона *Tapinocephalus*), но и тут занимают подчиненное положение. Характерна общая темноцветность пород, представляющая противоположность красноцветным пермским толщам северных материков и обязанная постоянной примеси органического детрита, а также тому, что железистые соединения носят всегда закисный характер. Типичные породы — темные сланцы, темнофиолетовые, темношоколадные и темнозеленые глинистые мергели, темнобурые, очень тонкозернистые песчаники. Все породы отличаются большой твердостью и при ударе дают характерный раковистый излом. Вверх по стратиграфической вертикали породы становятся мягче и приобретают более светлую окраску, особенно в последней из пермских зон серии Бофорт — зоне *Cistecephalus*. Здесь преобладают известковистые глины и мергели — кирпично-красные, фиолетовые, сине-зеленые, серо-зеленые. Редко встречаются пачки серых и коричневых песчаников. Известковистые глины легче выветриваются, чем в нижних горизонтах, и рассыпаются на угловатый мелкий щебень. Верхние зоны серии Бофорт относятся уже к триасу, но непрерывность напластования формации Каррoo продолжается еще значительный период времени. В триасовой части серии Бофорт заметно преобладание песчаников, залегающих мощными слоями, значительно более грубозернистых и более рыхлых, чем пермские. Преобладают желтые песчаники, в нижних горизонтах — рыхлые красные песчаники. Песчанистые породы переслаиваются с мергелями красного и синевато-зеленого цвета. Таким образом, триасовые породы серии Бофорт по облику приближаются к типичным красноцветам перми северных материков. Интересно, что в этой же толще часто встречаются знаки ряби, как и в северных пермских красноцветах, отсутствующие, как правило, в нижних зонах серии Бофорт.

Нередко песчаниковые слои переполнены плоскими дисками мергеля, часто встречаются песчаниковые конкреции и стяжения крепкого мергеля. Иными словами, тип отложений приобретает все большее сходство с красноцветными фациями нашего Приуралья и других областей северного полушария.

Выше серии Бофорт триасовые толщи формации Каррoo отличаются еще более мощным развитием массивных песчаниковых горизонтов из грубозернистых аркозов, иногда с конгломератовыми прослоями, а также с прослоями битуминозных углей при гораздо большей бедности остатками позвоночных, которые найдены лишь в виде единичных, очень редких фрагментов.

Фауна наземных позвоночных формации Каррoo представлена огромным числом форм, количество которых увеличивается с каждым годом при новых и новых находках. Высоко поднятое плато Южной Африки, на котором залегает толща Каррoo, подвергается энергичной эрозии в условиях аридного климата. Эти условия способствуют образованию бесчисленных

оврагов, сухих русел и широких размывов, вскрывающих свиты по самым различным направлениям и, вместе с тем, способствующих вскрытию костеносных прослоев и участков. Благодаря этому поиски ископаемых весьма облегчены и находки сделались постоянным явлением. Однако систематических раскопок в Южной Африке не производилось, наблюдения над условиями залегания костей и строением местонахождений отсутствуют, и в результате мы знаем об этой богатейшей области захоронения наземных позвоночных меньше, чем о других местонахождениях перми. Прекрасная обнаженность и большое количество находок в разнообразных слоях могли бы при правильной постановке исследований дать огромное количество важных наблюдений и фактов, вместо которых сейчас приходится довольствоваться отрывочными и неточными сведениями. Такое положение с богатейшей в мире областью захоронения пермских наземных позвоночных заслуживает глубокого сожаления.

Среди костеносных горизонтов Бофорта нередки находки остатков рыб, представленных пресноводными ганоидами — палеонисцидами. Кости рыб и чешуи обычно разбросаны в беспорядке—то рассеяны в массе породы, то скопляются в маленькие линзы и прослойки, наполненные разрозненными фрагментами. В сравнении с остатками четвероногих рыбы встречаются гораздо реже. Наземные позвоночные в серии Бофорт представлены следующими основными группами. В нижних зонах наиболее обычны дицинодонты. Эти травоядные формы, более мелкие в нижних слоях и крупные в верхних, как правило, встречаются в подавляющем количестве. Частое соотношение остатков дицинодонтов ко всем остальным формам, отмеченное для многих местонахождений, равно 8 : 1 и даже 9 : 1. Дицинодонтов, вместе с более примитивными, сохранившими частично озубление эндотиодонтами, известно около 40 родов с 85 видами, из которых большая часть приходится на род дицинодон. Такое количество видов, а отчасти и родов, вряд ли соответствует действительности и нуждается в точном исследовании. В самой нижней зоне *Tapinocephalus* преобладают крупные дейноцефалы (17 родов хищных и 17 травоядных), реже встречаются не очень крупные травоядные парейазавры. Парейазавров известно 9 родов (вряд ли натуральных). Тероцефалы представлены четырьмя семействами и 24 родами, горгонопсии — 8 родами, но обе эти группы крайне редки по относительному количеству остатков. Вместе с этим огромным количеством зверообразных рептилий изредка встречается только один род амфибий — рипезухус, рахитомный крупный лабиринтодонт, родственный эриопсу из Красных Слоев США. В следующей вверх зоне *Endothiodon* исчезают дейноцефалы, уменьшаются в разнообразии (но не в количестве) парейазавры, становятся однообразнее тероцефалы и возрастает число и разнообразие горгонопсий (19 родов с 26 видами). Количество и разнообразие форм дицинодонтов в зоне *Endothiodon* в два раза превосходит дицинодонтов зоны *Tapinocephalus*. В следующей и последней пермской зоне — *Cistecephalus* — обыкновенны крупные парейазавры (три рода), очень многочисленны, но менее разнообразны дицинодонты. Тероцефалы довольно часты, еще более увеличивается число горгонопсий. Появляются высшие зверообразные пресмыкающиеся — цинодонты и, кроме того, нередки архозавров — будущих господствующих рептилий мезозоя — зозухий.

Стегоцефалы и в зоне *Endothiodon* и в зоне *Cistecephalus* редки и представлены одним-двумя родами с тем же количеством видов. В более высоких триасовых зонах серии Бофорт количество стегоцефалов увеличивается, возрастают и разнообразие и величина форм. Весьма часты находки мелких котилозавров группы проколофонид, сильно возрастает количество цинодонтов, появляются и другие, очень близкие к млекопитающим

группы—баурии и иктидозавры. Все чаще встречаются ринхоцефалы и псевдозухии — крупные формы, аналогичные крокодилам по своей адаптации. Весьма многочисленны дицинодонты, а именно их водные адаптации — листрозавры. Парейазавры и горгонопсии исчезают, тероцефалы крайне редки и представлены одним родом.

Рассматривая приведенный перечень распределения основных групп по стратиграфической вертикали, можно заметить, что помимо наиболее распространенных дицинодонтов в нижних зонах преобладают более тяжелые, крупные, тяготеющие к воде формы, как дейноцефалы, парейазавры, также горгонопсии. В верхних горизонтах, выраженных и более песчанистыми фациями, мы видим более резкое разграничение адаптаций — с одной стороны, чаще встречаются типичные водные формы — стегоцефалы, листрозавры, водные адаптации архозавров, с другой, также учащаются находки резко сухопутных высших тероморф — цинодонтов, баурий, иктидозавров.

Редкие формы в древнейших местонахождениях Карроо представлены мелкими примитивными, ночными формами, близкими к древнейшим пеликозаврам (*Anningia*, *Galesphyrus*), а также очень своеобразными дромазаврами, повидимому представляющими сухопутную ветвь древних эдафозавров. Крайне интересна единичная находка *Eunotosaurus*, представляющего форму, близко стоящую к прямым предкам черепах. В более высоких горизонтах находки редких форм и их разнообразие учащаются. Все они представлены сухопутными адаптациями и зачастую несут черты переходного строения между разными группами пресмыкающихся (гелеозавры, *Millerina*, *Prolacerta*, *Paliguana*) или же обладают чертами совершенно новых, ранее не встречавшихся специализаций (*Euchambersia* — вероятно, ядовитое животное).

Распределение остатков перечисленных представителей южноафриканской фауны наземных позвоночных в костеносных породах весьма интересно. В нижних зонах (*Tapinocephalus*, *Endothiodon*) дицинодонты встречаются преимущественно в песчаниках и в связанных с последними более светлых глинистых мергелях. Остатки дицинодонтов находятся как целыми скелетами, так и скоплениями смещенных костей. Парейазавры никогда не встречаются в песчаниках и находятся только в виде цельных скелетов, в большинстве случаев лежащих на спине, что указывает на перенос их трупов в плавающем состоянии. Дейноцефалы находятся всегда в виде разрозненных костей, отдельных черепов или скоплений перемещенных костей. Единственные три скелета травоядных дейноцефалов, найденные целиком (два скелета *Moschops* и один—*Scapanodon*), оказались лежащими на спине. Следовательно, остатки дейноцефалов также претерпевали сплавление водой, но, повидимому, из более далеких мест, чем парейазавры, так как остатки последних гораздо полнее. Хищные формы более наземного характера типа тероцефалов всегда находятся в виде разбросанных и разрозненных остатков. Редкие и мелкие формы найдены целыми скелетами — животные, вероятно, погибли недалеко от места захоронения. В более высоких слоях скопления костей встречаются реже среди пород, но зато становятся более крупными, содержащими нередко множество остатков. Распространен тип захоронения в известковистых глинах, встречается и захоронение в конкрециях. В первых встречаются самые различные формы. В верхних, триасовых зонах серии Бофорт, с их преобладанием песчаников, в песчаниках захороняются преимущественно водные формы — стегоцефалы, листрозавры. В мергелях и известковистых глинах чаще встречаются сухопутные формы. Известны находки нескольких групп целых скелетов стегоцефалов, спутавшихся в один клубок (рис. 13 и табл. I, фиг. 2); лабиринтодонтов *Lydekkerina*, *Micropholis*, *Uranocentrodon*,

залегающих в мергелевых прослоях над пластом песчаника. Такие скопления приурочены к небольшим понижениям почвы мергелевого слоя и представлены всегда особями одного вида и приблизительно одного возраста. Повидимому, это случаи быстрой гибели животных в лужах воды, оставшихся после спада вод с затопленной равнины. Находимые в конкрециях среди глин скелеты мелких наземных котилозавров (*Procolophon*) отличаются белыми выветрелыми костями, свидетельствующими о воздействии воздуха и солнца. Сохранность костей в южноафриканских местонахождениях обычно плохая — кости, отчасти с разъеденной поверхностью, минерализованы слабее, чем вмещающие породы. Даже захороненные в песчаниках кости отличаются худшей сохранностью, чем, например, кости из Приуральской пермской эврилитемы в СССР. В общем, это служит указанием на менее быстрое захоронение остатков наземных позвоночных в эврилитеме Каррoo, но вопрос, в какой мере здесь сказывается влияние пород, остается открытым и требует специального исследования. Вместе с костями наземных позвоночных находятся пресноводные моллюски антракозии (типа беззубок), нередко целыми банками. Известны два случая находок крупных костей дейноцефалов, облепленных раковинами антракозид (Haughton 1925).

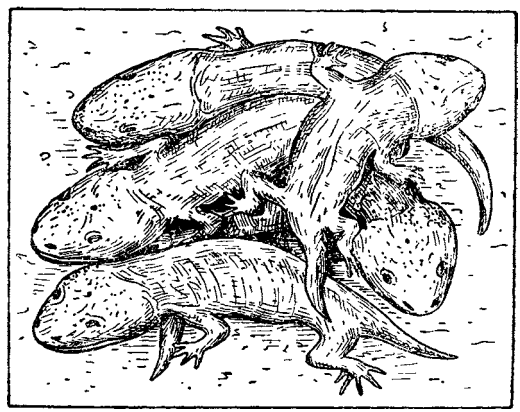


Рис. 13. Реконструкция скопления трупов стегоцефалов *Micropholis* в триасовых отложениях Каррoo в Южной Африке. Уменьшено. Сравнить с табл. I. фиг. 2.

В целом, южноафриканская эврилитема Каррoo представляла собою огромную область пермского осадконакопления, отличающуюся в существенных чертах от ранее описанных нами областей красноцветов СССР и США. Замечательно, что область осадконакопления Каррoo находится также в зоне громадного предгорного прогиба — ortiefe, между цепями гондванид, возникшими в результате герцинского горообразования из геосинклинальной области Самфрау с юга и востока, и древней южноафриканской платформой с севера и запада. Однако в отличие от аналогичных черт Приуральской эврилитемы все возвышенности и платформа Южной Африки находились в сильно пониженном состоянии после нагрузки ледниковым покровом недавнего оледенения. Существенно иными были и климатические условия, а также отсутствие близости моря уже на ранних стадиях пермского осадкообразования в Каррoo. В то же время, обширное пространство пониженной области обусловливало отсутствие характерных для Приуралья фаций предгорного типа (пермские конгломераты I зоны), отлагавшихся в непосредственной близости к морским осадкам, определяя широкое распространение тонкозернистых илистых, богатых органическим веществом фаций, подобных лагунным или эстуариевым, хотя и отлагавшихся в континентальной впадине. Равным образом, медленность захоронения в Каррoo стоит в прямой связи с меньшей интенсивностью отложения осадков. Однако в целом осадконакопление в Южной Африке было гораздо более мощно и устойчиво, чем, например, в СССР. Суммарная мощность пермских костеносных отложений Каррoo около 3000 м, а считая с триасовыми осадками—до 4000 м. Если исключить

серию Экка, в которой остатки позвоночных крайне редки, то все же мощность костеносных отложений Карроо превышает таковую нашей Приуральской эврилитемы почти в три раза. Характерна также для Карроо непрерывность осадконакопления на протяжении огромного отрезка геологического времени.

Отложения нижних зон Карроо бедны железом, карбонатами и солями, но обогащены органическим углистым веществом. Песчаники в изобилии содержат неразложенный полевой шпат. Однообразные темноцветные породы весьма похожи на осадки верхних слоев серии Двика, непосредственно сменившие во времени ледниковые тиллиты. Повидимому, после исчезновения материковых льдов, морены которых уцелели лишь в краевых частях материка, в пределах морской прибрежной зоны осталась гигантская низменность, ограниченная с юга и с севера возвышенностями гондванид и окраиной африканского щита.

В эпоху Двика эта низменность была покрыта лагунами, в какой-то мере еще сообщавшимися с морем. Местонахождения мезозавров, рыб и морских беспозвоночных относятся именно к этому моменту.

Холодный и влажный климат, не способствовавший быстрому распаду органических веществ, создал условия для их накопления в лагунах и бухтах и широкого развития сероводородного заражения, распространившегося на все области окраины бывшего оледенения от Африки до Южной Америки вдоль геосинклинали Самфрау. Подобный характер седиментации существовал очень долгое время, судя по огромным массам иловых осадков, накопившихся в области седиментации Двика. Далее, к началу эпохи Экка, непосредственная связь с морем нарушилась, исполинская низменность превратилась в необычайно низкую континентальную впадину — сеть озер, связанных временными разливами, — гигантскую равнину, затопляемую глубоко и постоянно. В пределах равнины существовали леса — частью еще карбонового типа — с лепидодендронами и сигиллариями, в то время как в отдельных, менее заболоченных участках развивалась растительность гондванской (глоссоптериевой) флоры.

Однообразные илистые темные осадки времени Экка и нижних зон Бофорта весьма напоминают обширные илистые поля в низменностях прибрежий холодных широт современности. Присутствие железистых соединений только в закисной форме вместе с неразложенным органическим веществом указывает также на очень влажный и прохладный климат, уже априорно подсказываемый связью с гондванским оледенением. Вверх по стратиграфической вертикали постепенно появляются пестроцветные породы, указывающие на периодическое наличие химического выветривания и разложения пород в области сноса. Однако вначале эти периоды были весьма короткими. В верхних слоях перми Бофорта красные породы уже значительно развиты, хотя еще не являются доминирующими. Повидимому, интервалы между холодными и влажными периодами становятся уже значительными, массы вод уменьшаются и затопления, повидимому, уже не столь глубоки и обширны. В триасовых зонах серии Бофорт характер пород с преобладанием красных и желтых — светлых — цветов указывает на значительное изменение климата в сторону его потепления и осушения. Слоистость пород более беспорядочная, чем в пермских зонах, преимущественно в мелких комплексах. Значительные толщи песчаников также указывают на усиление денудации и окончательное превращение низменности в межгорную депрессию, продолжающую изостатическое опускание, временами с более резкими оседаниями. Характерно, что появление песчаников в разрезе верхов Бофорта совпадает с захоронением водных животных, в количествах бо́льших, чем в нижних зонах. Это свидетельствует о том, что отложение песчаников означало или большую

гибель именно водных форм или же более благоприятные условия их развития. Недостаточная изученность местонахождений Каррoo не дает возможности решить эту дилемму. Во всяком случае, необходимо подчеркнуть, что пермские тетраподы в Приуральской эврилитеме преимущественно захоронялись в песчаниках. В Каррoo формы с такими же адаптациями, близко родственные русским, захоронялись преимущественно в тонкозернистых осадках. Это служит указанием на противоположный ход процессов захоронения в этих двух важнейших областях развития местонахождений наземных позвоночных, особенности которых мы еще себе очень неясно представляем.

К концу отложения формации Каррoo (Molteno) обширная депрессия окончательно обращается в межгорную впадину, наполненную осадками, на поверхности которой развиваются дельты небольших рек. Богатая растительность, давшая угольные залежи, свидетельствует о том, что болотные обстановки продолжают существовать и в это позднее время и, следовательно, говорить о значительном повышении области не приходится. Еще позднее отлагаются Красные Слои (Red Beds) и, наконец, Пещеристые песчаники (Cave Sandstones) — мощные отложения, частью эоловые, почти белого цвета. Несомненно, низина Каррoo в этот период превратилась в настоящую пустыню. С концом отложения пещеристых песчаников совпадает развитие вулканической деятельности и прекращение осадконакопления на главной площади равнины Каррoo.

Обширное распространение осадков Каррoo захватывает помимо Южной Африки еще значительную часть бассейна Конго (слои Луалаба, Лубилаш и др.) и Восточную Африку (Танганьика, Ниассалэнд). Повсюду эти осадки отличаются характерным присутствием местонахождений позвоночных. Отложения Каррoo в Конго еще очень плохо исследованы, находки позвоночных еще очень отрывочны и редки, поэтому мы не будем рассматривать их в настоящей работе.

Наиболее подробно изучены местонахождения грабена Рухуху в Танганьике, в округе Сонгеа (Nowack 1937). Выходящая здесь мощная толща осадков представлена породами того же типа, как и в Южной Африке. Над базальными песчаниками и конгломератами залегает угленосная толща, местами с промышленными углями, по возрасту относящаяся к средней части серии Экка. Выше идет свита мергелей и тонкозернистых песчаников с растительными остатками верхней части Экка, так называемые слои Рухуху. Между залегающей выше свитой песчаников Кингори и свитой Рухуху находится горизонт мергелей, песчаников и конгломератов с обширным распространением костеносных прослоев — нижний костеносный горизонт. Мощность горизонта до 100 м. Свита песчаников Кингори, свыше 300 м мощностью, представлена равномернозернистыми глыбовыми песчаниками, залегающими мощными слоями. Возраст свиты Кингори определяется как соответствующий верхнему Бофорту, т. е. частично триасовый. Выше залегает свита Манда — песчаники и мергели, около 140 м мощностью,— костеносная в своей верхней части — верхний костеносный горизонт, соответствующий триасовым толщам Мольтено и Красным Слоям серии Штормберг в Южной Африке. Хотя оба костеносных горизонта были названы английскими исследователями бонебедами (костяной брекчией), при более детальных исследованиях выяснилось, что это название не соответствует действительности, как, впрочем, и весьма многие «бонебеды» английских геологов, совершенно не искушенных в изучении местонахождений. Остатки наземных позвоночных встречаются спорадически в мощных прослоях, где кости рассеяны в массе породы. Местами встречаются обогащенные костями участки и линзы, причем эти скопления разбросаны как по простиранию, так попадаются и на различных

стратиграфических уровнях. Другие прослои и линзы костеносного горизонта, в целом весьма мощного, не содержат почти никаких остатков. Такое распределение остатков наземных позвоночных весьма типично и часто встречается в континентальных толщах. Нечего и говорить, что оно совершенно не подходит под понятие «бонебеда», т. е. тонкого, стратиграфически постоянного слоя, переполненного обломочными остатками костей,— типа захоронения, характерного для морских литоральных фаций.

Нижний костеносный горизонт грабена Рухуху выражен темными, сравнительно мягкими мергелями, которые вмещают линзы темных грубозернистых твердых песчаников, напластованные беспорядочно и встречающиеся на разных уровнях. Мощности линзовидных прослоев песчаника варьируют в широких пределах, от нескольких сантиметров до многих метров, нередко песчаники переходят в конгломераты. Линзы песчаников образуют далеко распространяющиеся «хвосты» — тонкие прослои между мергельными пачками. Кости начинают встречаться очень редкими единичными находками на уровне 25 м вверх по стратиграфической вертикали, от основания нижнего костеносного горизонта: массивных грубозернистых песчаников с окремнелыми древесными стволами, мощностью около 10 м, залегающих на кровле свиты Рухуху. Интересно дальнейшее вертикальное распределение остатков (по одной из раскопок у Кингори): 32-й метр, считая снизу вверх, дал двадцать восемь находок, 38-й — около шести (считая и групповые скопления), между 40 и 45-м метрами найдено 18 остатков, между 45 и 55-м ничего не найдено, от 55 до 63-го метра сделана 41 находка, на следующих 10 м вверх снова ничего не найдено. От 73 до 77-го метра собрана 31 группа костей. От 77-го метра до 100-го (конец разреза в данном пункте) кости встречаются очень редко—только на уровне 87-го (разрозненные остатки крупных дицинодонтов) и 98-го метров, где встречаются неопределимые обломки отдельных костей.

Можно установить два основных типа захоронения костей. Первый приурочен к прослоям грубозернистых песчаников, в которых вся порода переполнена беспорядочно перемешанными костями и обломками, образуя своеобразный костяной конгломерат. Этот тип захоронения внешне сходен с бонебедом. Мощность таких обогащенных костями прослоев песчаника часто доходит до 3—4 м. Несомненно, все кости находятся во вторичном залегании и частично выказывают сильную окатанность. Захоронение в песчаниках приурочено к верхней части нижнего костеносного горизонта. Другой тип захоронения в том же горизонте — это захоронение в мергелях. Здесь остатки животных часто встречаются в виде связанных скелетных частей. Однако полные скелеты чрезвычайно редки и всегда находятся с сильно смещенными и надвинутыми друг на друга костями. Типичным для этого типа захоронения является спорадическое распределение остатков во вмещающих породах. Выше мы приводили распределение остатков в мергелях по вертикали в местонахождении Кингори. Горизонтальное распределение несет такой же незакономерный, спорадический характер. Менее распространенным третьим типом захоронения в нижнем костеносном горизонте является залегание остатков в конкрециях. Местами (у подошвы Кингори) в конкрециях встречается довольно много костей, однако в других местах лишь очень небольшая часть конкреций содержит отдельные кости. Конкреции по форме круглы или чечевицеобразны, иногда типа септарий, состоят из коричнево-серого плотного, крайне твердого доломитового известняка с примесью кремня. Конкреции встречаются прослоями в разных горизонтах мергелей и при выветривании образуют обширные поля у подножия склонов. Однако близ Узили поиски в конкрециях не дали ни одной находки, у Мпелизи — весьма небольшое число остатков. В то же время наибольшее число черепов из

собранных в нижнем костеносном горизонте найдено в конкрециях. Целые черепа находятся в больших конкрециях весом по 30—40 кг (дицинодонты и горгонопсии). В конкрециях размером с куриное яйцо встречены мелкие териодонты, причем чаще обломки черепов, чем целые черепа. Кости конечностей и позвонки также нередко встречаются в конкрециях. В одном из местонахождений долины Нгака в грубозернистом песчанике вместе с костями найдены многочисленные антракозии, однако не в виде банкообразных скоплений, а скорее просто снесенными в одно место. Мергели нижнего костеносного горизонта, вероятно, отлагались в большом озерном бассейне. Трупы животных, остатки которых находятся в мергелях, плавали на поверхности воды и по разложении опускались в ил на дно, местами образуя скопления под воздействием течений. Костеносные песчаники — результат действия быстрых потоков, временами вторгавшихся в озерные осадки и перемывавших уже отложенные скопления скелетов животных, которые отлагались вместе с грубокластическими осадками, как крупная минеральная фракция.

Среди фауны нижнего костеносного горизонта Рухуху отметим присутствие двух форм водных лабиринтодонтов, сравнительно частые остатки парейазавров, несколько родов горгонопсий и тероцефалов, довольно редкие находки цинодонтов, принадлежащих двум родам, и наиболее многочисленные находки дицинодонтов, принадлежащих примитивным и сухопутным формам (до 6 родов с 12 видами).

Верхний костеносный горизонт также представлен мергелями, здесь мягкими и плотными, скорее могущими быть названными известковистыми глинами. Преобладающая окраска мергелей — серая и красноватая, часто встречаются песчанистые разности. С песчанистыми мергелями переслаиваются рыхлые глинистые тонкозернистые песчаники, залегающие линзами разной мощности, от тонких прослоев до массивных пластов в несколько метров мощностью. Кости встречаются в верхней части горизонта Манда около 70 м мощностью. Остатки животных залегают в мергелях отдельными незакономерными скоплениями расчлененных и перемещенных остатков. Эти скопления в большинстве случаев совпадают с углублениями поверхности напластования вглубь подстилающего слоя — главным образом песчаника. В песчаниках кости встречены лишь в редких случаях и обычно имеют плохую сохранность, однако лишь тогда, когда залегают в рыхлом песчанике. Находки костей в более плотных песчаниковых линзах всегда выказывают хорошую сохранность. Нужно думать, что плохая сохранность костей в рыхлых песчаниках отчасти обязана вторичным процессам разрушения энергично эродируемых толщ. Так, например, наши русские местонахождения отличаются превосходной сохранностью костей, даже залегающих в рыхлых песках, однако во всех случаях такие наши местонахождения обладают кровлей из мергелей, известковистых глин и известняков, служащей надежной защитой от выветривания.

Захоронение остатков наземных позвоночных в верхнем костеносном горизонте повидимому происходило на обширной, периодически затопляемой низменности с ямами и понижениями, в которых скоплялись в илу остатки животных. Находки полных скелетов, залегающих спиной вверх, указывают, что животные временами завязали в илу (сразу после смерти) и, таким образом, захоронены почти на месте своей гибели. Вместе с тем, мы находим скелеты, опрокинутые спиной вниз. Очевидно они принадлежали плавающим трупам, надутым газами разложения и носившимся по воде некоторое время, пока они не погружались в ил. Большое количество остатков встречается в виде раздельных костей, местами нагроможденных друг на друга. Эти кости принадлежат трупам, находившимся на поверхности после спада воды и при следующем наводнении

разнесенным и смещенным уже в виде рассыпавшихся костей. Все указанные виды захоронения не предполагают далекой транспортировки. Примечательно, что большинство скелетов или скелетных частей находятся без черепов и вообще черепа в верхнем костеносном горизонте представляют большую редкость. Это указывает на захоронение трупов преимущественно после разложения, когда отваливались тяжелые черепа и полуразложившийся труп подвергался дальнейшему перемещению до места окончательного погребения в осадке. Большие тяжелые водные типы дицинодонтов составляют подавляющее количество остатков в фауне верхнего костеносного горизонта. Маленькие и хрупкие скелеты мелких сухопутных форм — цинодонтов и ринхозавров — всегда более разрознены и перемещены, и встречаются только крайне неполными или же редкими отдельными костями. До сих пор найден только один череп цинодонта. В составе фауны верхнего горизонта помимо дицинодонтов, цинодонтов и ринхоцефалов известны редкие лабиринтодонты (очень неполные остатки) и псевдозухии.

Местонахождение фауны Каррoo в Ниассаленде (Чивета) очень сходно с только что описанным. Там мы также встречаем два костеносных горизонта, однако оба принадлежат еще пермскому времени. И здесь преобладают дицинодонты, встречающиеся совместно с редкими горгонопсиями и одним родом амфибий. Верхний горизонт принадлежит зоне *Cistecephalus*, нижний — зоне *Endothiodon*. В северной Родезии, в долине Луангва, открыто богатое местонахождение фауны Каррoo. Множество остатков тетрапод распределяется по пяти костеносным горизонтам нижних слоев Бофорт, принадлежащих зонам *Endothiodon* и *Cistecephalus*. Среди огромного количества остатков дицинодонтов встречены отдельные редкие кости одного рода парейазавров и один череп горгонопсии. Остатки захоронены в тонкозернистых песчаниках и песчанистых слоистых мергелях.

Другие местонахождения гондванских пермских наземных позвоночных на южных материках известны на Мадагаскаре (Элига), в Индии и в Индо-Китае, но они очень плохо изучены. На Мадагаскаре интересна находка в самых нижних слоях триаса переходной формы между бесхвостыми амфибиями и стегоцефалами (*Protobatrachus*), единственный неполный скелет которой обнаружен в морских прибрежных слоях с рыбами и остатками наземных растений. В центральной провинции Индии в слоях Биджори известны местонахождения пермских тетрапод в песчаниках дельтового происхождения. Все остатки принадлежат только стегоцефалам.

Наконец, последним по времени известным местонахождением пермской гондванской фауны является местонахождение Элгин в Шотландии, знаменующее собою крайнее западное распространение гондванских рептилий из пределов СССР. В этом районе известны четыре местонахождения, из которых три относятся уже к верхнему триасу и содержат остатки маленьких котилозавров — проколофонид, крупных ринхоцефалов с чудовищными клювовидными челюстями и разнообразных псевдозухий, а также единичные находки весьма примитивных динозавров.

Местонахождение Каттисс Хиллок является четвертым и единственно пермским в системе местонахождений Эльгина. Костеносные породы — светлые песчаники, залегающие в размытой поверхности девонского древнего красного песчаника и сами представляющие продукт разрушения последних. До сих пор было найдено только одно крупное скопление костей, локализованное в большом карманообразном углублении поверхности размыва девонской толщи, впоследствии нацело выработанное. В песчанике, заполнявшем это углубление, были встречены разрозненные кости и черепа пресмыкающихся, отличавшиеся великолепной сохранностью. Остатки принадлежат одной форме маленького парейазавра —

Elginia, отличавшейся необычайным развитием костных шипообразных выростов на черепе, и нескольким дицинодонтам с короткими и широкими черепами. Эльгинское пермское местонахождение имеет необычайный для пермских характер единичного скопления, что, может быть, объясняется его самым поздним временем образования. Также обычным является залегание костей в ямке древней вымоины, что, как правило, не встречается в палеозойских костеносных толщах.

Местонахождения пермской флоры неоднократно уже упоминались нами при общем обзоре перехода от карбона к перми, а также при описании крупных местонахождений. Типы местонахождений пермской флоры уже значительно отличаются от карбоновых. Местонахождения типа угленосных толщ сокращаются в своем распространении и как бы смещаются в южное полушарие, где развиты преимущественно в первой половине перми.

Значительного развития достигают угленосные фации в Сибири (Кузнецкий и Тунгусский бассейны, Приморье, Якутия), также в Китае и в Индии. В верхнепермских отложениях Приуралья характерно нахождение растительных остатков в виде окремнелых древесных стволов или обугленных редких отпечатков, рассеянных в толще песчаников, гораздо реже мергелей. В красных известковистых глинах, весьма распространенных в пермской эврилитеме Приуралья, остатки растений не встречаются. Таким образом, местонахождения растений так же связаны с речными водами, как и остатки позвоночных, причем в песчаниках мы встречаем преимущественно остатки лесных растительных ассоциаций. Сходные условия залегания мы видим в безугольных свитах Гондванской системы в Индии. В эврилитеме Красных Слоев США местонахождения флоры редки и бедны и совсем исчезают в верхних свитах. Впервые появляются местонахождения флоры в резко выраженных континентальных образованиях, иногда пустынного типа (Китай — Шаньси, Бофорт — Южная Африка, Луалаба — Конго).

Весьма интересно отметить, что, несмотря на то, что ряд пермских местонахождений флоры выражен более явственными континентальными фациями, чем все карбоновые местонахождения, в перми мы не встречаем автохтонных признаков во всех известных местонахождениях, кроме, опять-таки, угленосных фаций. Это очень красноречиво свидетельствует, что автохтония растительных остатков с сохранением деревьев в прижизненном положении необходимо требует сохранения участков древней почвы в местах их произрастания. Подобное сохранение возможно для палеозоя только в областях длительного осадконакопления, где почвенный субстрат есть лишь кратковременная поверхность непрерывной подводной седиментации. Не требует пояснения, что только фации заболоченных лесов в областях углеобразования соответствуют этому требованию. Далее мы увидим, что подобное положение с автохтонией растительных остатков сохраняется до кайнозоя и до сих пор известно всего два-три исключения из этого правила.

Местонахождения древесных стволов, обычно (и особенно для палеозоя) образующиеся в иных фациях, раздельно от веток и листьев, свидетельствуют о следующих тафономических положениях:

а) Остатки древесных стволов, находимые вне угленосных фаций карбона, принадлежат растениям, произраставшим в лесах не болотного типа, а располагавшихся по берегам рек. Обычная ассоциация форм в местонахождениях с песчаными, вмещающими органические остатки, слоями, от палеозоя до кайнозоя включительно, — это смесь животных форм лесного и речного образа жизни. Местонахождения древесных стволов в песчаниках — опять-таки продукты лесов, далеко сплавленные текучей водой. В этом далеком сплавлении и есть разгадка ассоциации песчаных

фаций в местонахождениях — речные и лесные формы в совместном залегании.

б) Карбоновые леса, в которых мы встречаем совместно стволы и листья, представляющие материал, отложенный в угольных слоях, должны быть лесами водяного типа, произраставшими на подводных почвах, в стоячей воде.

Проведенный нами обзор палеозойских местонахождений наземных позвоночных, разумеется, краток и весьма неполон. История местонахождений — дело будущего исследования, требующее капитального освещения множества совсем неизученных деталей строения местонахождений, условий залегания и сохранения в них остатков наземных позвоночных и растений. Однако даже настоящее несовершенное освещение местонахождений позволяет притти к некоторым важным сопоставлениям. Прежде чем перейти к ним в следующей главе, представляется целесообразным продолжить обзор местонахождений в более поздние геологические эпохи и очень схематично описать главнейшие из них для получения более широкой сравнительной базы.

5. О местонахождениях наземных позвоночных мезозоя

В т р и а с е местонахождения наземных позвоночных приобретают отличные от пермских черты. На южных материках еще продолжается осадконакопление в гигантских депрессиях типа Карроо в связи с продолжающимся опусканием этих впадин. Выше мы описали некоторые из триасовых местонахождений Африки вместе с пермскими, чтобы показать отсутствие в них существенных отличий от пермских, кроме общего перехода к более сухим и теплым климатическим условиям. Те же соотношения мы видим в Южной Америке, где известны большие местонахождения гигантских последних цинодонтов, ринхозавров и псевдозухий в слоях Риодо-Расто в Бразилии, в триасовых горизонтах гондванской формации в Индии. Сходные осадки отлагаются в предгорной впадине Аппалачей в США, где также найдена аналогичная фауна исполинских цинодонтов и разнообразных псевдозухий. В Советском Союзе и Западной Европе засолнение древних депрессий приходит к концу и в связи с развивающейся, с одной стороны, трансгрессией моря и наличием обширных материковых равнин, с другой,— появляются своеобразные местонахождения триасовых наземных позвоночных. Наиболее интересны местонахождения стегоцефалов — неорахитомных лабиринтодонтов в восточной половине Русской платформы, протягивающиеся меридиональной полосой параллельно оси Уральского хребта, в еще большем удалении, чем самые поздние пермские красноцветы. В древнетриасовой пестроцветной толще, сложенной красными и серыми известковистыми глинами, залегает тонкий прослой рыхлого песчаника с костями стегоцефалов великолепной сохранности (рис. 14). Состав фауны крайне однообразен — преобладают остатки двух близко родственных форм, встречающиеся вместе с очень редкими обломками мелких рептилий, раковинами антракозий и очень редкими чешуйками ганоидных рыб.

Распространение костеносного прослоя, неизменно присутствующего во всей толще, огромно — от Унжи до Тимана и от Мезени до Дона. Таким образом, площадь распространения этого тонкого костеносного прослоя измеряется тысячами квадратных километров и количество захороненных в нем животных должно быть колоссальным — обширнейшее поле захоронения. Местонахождения образовались в пределах обширной депрессии, подвергнувшейся широкому затоплению с быстрой гибелью и захоронением невероятных количеств водных крокодилообразных древних

амфибий. Подобные же поля захоронения также водных стегоцефалов известны в Германии, в почти одновременных горизонтах пестрого песчаника. Происхождение последних местонахождений рассматривается как результат временного затопления обширных плоских равнин, вызвавшего массовое захоронение тысяч животных и связанного с приближением морской трансгрессии.

Другие триасовые местонахождения Европы залегают уже в морских слоях и представляют выносы трупов наземных позвоночных в прибрежную зону морских бухт, защищенных от воздействия волн и прибоя. Таковы местонахождения стегоцефалов горы Богдо в СССР, на Шпицбергене, в Гренландии и т. п. Интересны распространенные образования бонебедов или костяных брекчий — огромных скоплений обломков костей амфибий,

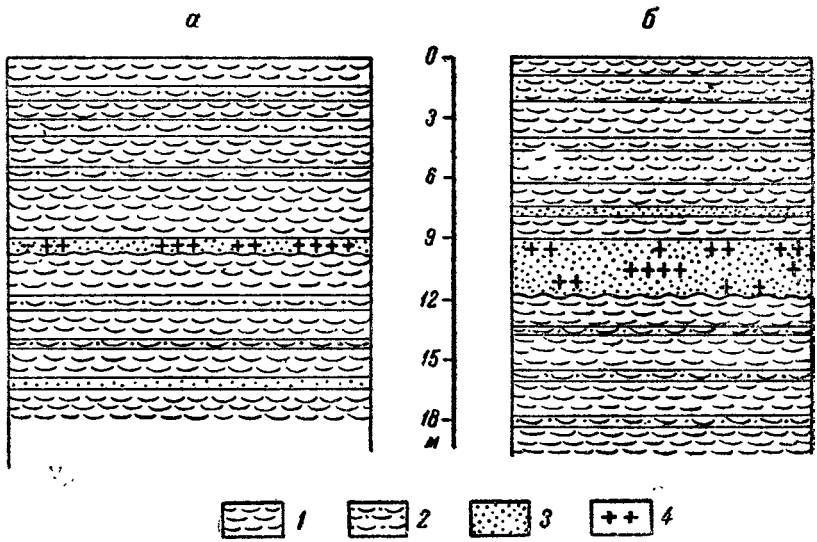


Рис. 14, *а*. Разрез костеносной толщи V зоны в южных районах (бассейн Волги и Ветлуги); *б*. Разрез той же толщи в северных районах (бассейн Юга, Лалы и Печоры).

1 — красные вапы (известковистые глины); *2* — глинистые пески; *3* — костеносный конгломератовидный песчаник; *4* — остатки позвоночных.

динозавров и даже древних млекопитающих, вытянутых полосами в литоральной зоне моря и впоследствии давших постоянные тонкие прослои в морских осадках. Эти местонахождения характерны для областей морской трансгрессии рэта и возникли при разрушении морем материковых областей захоронения в низменностях побережий. Наряду с этими местонахождениями морского генезиса в триасе существуют и континентальные области захоронения, преимущественно в смежных с лагунами поясах болот (углистые сланцы и песчаники кейпера), населенных водными и прибрежно-морскими формами, двоякодышащими рыбами и т. д. В Северной Америке мы встречаем также богатые местонахождения верхнетриасовых стегоцефалов в отложениях озерно-лагунного типа с массовым захоронением одновозрастных форм (местонахождения крупных лабиринтодонтов *Buettneria*, рис. 15).

Характерно, что следы наземных позвоночных в триасовых континентальных местонахождениях встречаются несравненно чаще, чем в палеозое, указывая на приближение областей захоронения к областям обитания животных.

Местонахождения типа верхнего триаса Коннектикута в США показывают впервые захоронение в речной низменности, даже, точнее, речной долине низовьев реки. Здесь также в изобилии встречаются следы животных, иногда прямо на поверхности пласта, непосредственно налегающего на костеносный слой. Соответственно вмещающим осадкам, фауна долины Коннектикута, наряду с водными крокодилами, характеризуется сухопутными динозаврами.

Юрские местонахождения представляют одну из наиболее интересных загадок палеонтологии. В нижнем отделе юры — в лейасе — нам неизвестны местонахождения наземных позвоночных в континентальных отложениях. Все известные находки относятся к морским фациям, в которых сухопутные формы представлены весьма редкими единичными находками. Таковы известные местонахождения Гольцмадена в Баварии, нижние оолиты Англии и т. п., богатые остатками морских рептилий, иногда с редкими

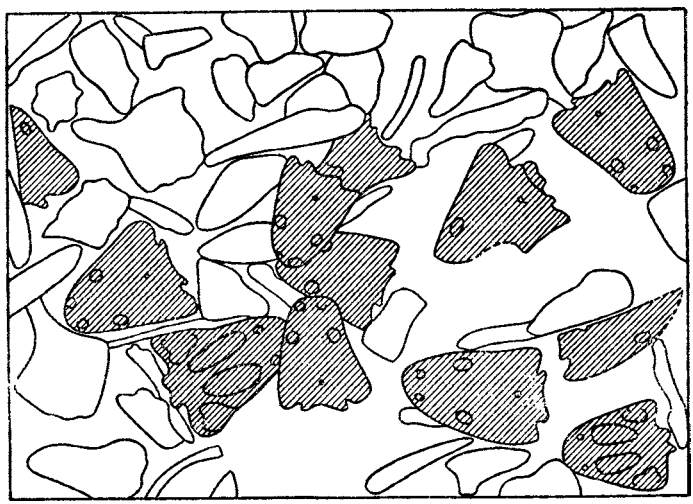


Рис. 15. Тип скопления остатков крупных стегоцефалов (*Buettneria*), характерный для местонахождений V зоны в СССР и более высоких слоев триаса в Сев. Америке. Сильно уменьшено.

птерозаврами — обитателями прибрежий. Развитие морских фаций продолжается и в верхней юре, где типично морские осадки частично сменяются лагунными (пурбек, портланд, киммеридж, оксфорд и келловей Англии, волжские сланцы в СССР, литографские сланцы Золенгофена в Германии, оксфордские глины в Северной Франции). Благодаря этому обстоятельству, а также развитию водных морских адаптаций среди рептилий, нам известна разнообразная и крайне многочисленная фауна морских пресмыкающихся, в противоположность очень скудным сведениям о сухопутных формах. Только в Австралии, в Южном Квинсленде, и в Аргентине, в провинции Сан Хуан, встречены остатки крупных динозавров в лагунных или озерных песчаниках, возможно, лейасового возраста. Однако точное определение возраста этих местонахождений отсутствует и их лейасовый возраст кажется сомнительным по найденным здесь формам, обычным для верхней юры или нижнего мела. Также сомнительно определение возраста огромных местонахождений верхней юры в США и Восточной Африке. Обширные костеносные поля здесь залегают в континентальных дельтовых осадках (формация Моррисон в США, Тендагуру — в

Африке), переслаивающихся с морскими слоями (Тендагуру). В этих местонахождениях сосредоточены остатки многих тысяч особей динозавров, преимущественно водных зауропод, достигавших гигантских размеров. Местонахождения формаций Моррисон и Тендагуру или относятся к нижнему мелу или, если они принадлежат юре, то во всяком случае переходным к нижнему мелу последним отложениям этого периода. Крупное местонахождение наземных позвоночных в Китае, в провинции Юннань, считающееся юрским, по всей вероятности относится к верхам триаса. Известны отдельные находки чрезвычайно редких обломков наземных рептилий в юрских угленосных бассейнах, но эти отложения являются, повидимому, переходными к триасу. Интересно отметить развитие углеобразования в юрское время, совпадающее с широким распространением богатой количественно, но однообразной гидрофильной и теплолюбивой флоры. Таким образом, в юре мы встречаемся с условиями, в известной мере аналогичными карбону. Несомненно, что отсутствие местонахождений сухопутных форм стоит в прямой связи с характером юрского осадконакопления, что помогает понять особенности местонахождений наземных позвоночных в каменноугольную эпоху.

Местонахождения юрской фауны наземных позвоночных с сухопутными формами можно надеяться отыскать прежде всего в областях гондванского осадконакопления, там, где процесс отложения осадков продолжался в юрское время, сохраняя тот же режим огромных континентальных впадин, который продолжается в большинстве костеносных эврилитем южных материков до позднего триаса. В этом отношении крайне интересен бассейн Конго в Африке, где осадконакопление типа Карроо началось позднее, но и продолжалось дольше, чем в Южной и Восточной Африке. Верхние отделы слоев Луалаба, вероятно, имеют нижнеюрский возраст и открытие в них местонахождений наземных позвоночных даст нам фауну суши нижнеюрского времени.

М е л о в ы е местонахождения наземных позвоночных широко распространены и отличаются нередко весьма крупными размерами. В нижнемеловое время они чаще связаны с дельтовыми и озерными осадками, чем в верхнем мелу, однако все наиболее крупные местонахождения верхнего мела также залегают в слоях дельтового, озерного или даже лагунного происхождения. В течение всего мелового периода встречаются местонахождения морских пресмыкающихся в отложениях лагун, бухт, литорали и даже открытого моря. Местами такие отложения содержат остатки тысяч пресмыкающихся — обитателей моря, как, например, верхнемеловые местонахождения мозазавров Северной Америки.

Нижнемеловые местонахождения сухопутных динозавров уже упоминались выше. Главные и самые крупные из них — Тендагуру в Восточной Африке — отложения больших дельт, переслаивающиеся с морскими пластами; формация Моррисон в США — дельтовые и озерные отложения с динозаврами, с прослоями растительных остатков. Интересны местонахождения нижнего мела Уайоминга с массовыми скоплениями гигантских динозавров. Типично озерные отложения с рыбами, большим количеством растительных остатков, эстериями и с прослоями «бумажных сланцев», богатыми остатками рыб, представлены в нижнемеловых местонахождениях Монголии с немногочисленной фауной динозавров.

В верхнем мелу, наряду с местонахождениями, образовавшимися в дельтовых и прибрежных обстановках, местами переслаивающимися с морскими слоями (Бахари — в Египте, Мадагаскар, мел Южной Англии, Центральная Австралия, красные песчаники Аргентины), известен ряд местонахождений с более глубоко континентальными обстановками седиментации. Таковы частью верхнемеловые отложения США, широко

распространенные в пределах Северо-Атлантического континентального массива, например, серия Ларами — огромная толща песчаников, глин и лигнитов до 4000 м мощностью. Значительная часть этой толщи, также содержащая местонахождения динозавров, выражена лагунными и дельтовыми осадками, однако часто встречаются и отложения широких речных долин, маленьких озер, небольших болот и т. д., т. е. фаций, приуроченных к внутриматериковым низменностям, содержащих много остатков типично сухопутных динозавров — таких, как цератопсиды и орнитомимиды. Известны находки эоловых отложений, содержащих минерализованные мумии динозавров и образовавшихся непосредственно на субаэральной поверхности близ водного бассейна.

Весьма интересны верхнемеловые отложения Монголии с богатыми местонахождениями динозавров, отложенные в озеровидных бассейнах межгорных котловин. Костеносные пласты здесь нередко выражены проловиальными брекчиями, переслаивающимися с озерными осадками, причем остатки наиболее сухопутных динозавров встречаются в виде цельных скелетов в красных озерных глинах, а тяготеющие к воде адаптации находятся в разрозненных обломках в слоях брекчий, часто вместе с большим количеством остатков водных черепах. Одно из монгольских местонахождений — Баин-Дзак (Шабарак-Усу) замечательно тем, что представляет собою сохранившуюся субаэральную часть дельты небольшого потока, впадавшего в озеровидный бассейн. Отложения представлены почти исключительно равномернозернистыми песками, частично эолового происхождения. Область дельты с песчаными дюнами подвергалась периодическому затоплению, о чем свидетельствуют три мергелистых горизонта, прорезывающие толщу песков. В песках встречаются целые скелеты небольших наземных динозавров-протоцератопсов с сильно поврежденными выветриванием и выбеленными костями. В верхних слоях залегают прослои миллионов мелких конкреций плотного песчаника с черепами меловых млекопитающих (крайне редки) и яйцами протоцератопсов. Наконец, в самых верхних песках мы находим кладки яиц протоцератопсов, погребенные в эоловых песках, в том самом положении, в каком были отложены самками животных, и впоследствии защищенные от выветривания песчано-глинистыми осадками последнего затопления. Таким образом, в местонахождении Баин-Дзак мы впервые сталкиваемся с несомненно автохтонными захоронениями. Примечательно, однако, что эти захоронения погребли не животных, а неподвижные их яйца.*

Самое крупное местонахождение динозавров в Монголии — Нэмэгэту, открытое советской экспедицией 1946 г., по своим масштабам эквивалентно местонахождению Тендагуру в Африке, если не превосходит последнее. Местонахождение представляет собою группу мощных древних русел (от 2 до 5 км в поперечнике), прорезающих немые песчано-глинистые отложения больших пресноводных бассейнов (рис. 16). Эти русла выполнены неравномерно напластованными линзами косослоистых песков, песчаников, гравийников и конгломератов с подчиненными мелкими линзами плотных глин. Пески и песчаники отлагались в первой фазе вреза, в нижних горизонтах русел; верхние горизонты представлены мелкогалечными конгломератами. Распространение конгломератов значительно шире, чем нижних костеносных горизонтов. В нижних песках и песчаниках часто встречаются полные скелеты различных динозавров — преимущественно хищных карнозавров и травоядных шлемоносных траходонтид. Зауроподы встречаются значительно реже и, как правило, от-

* По новым данным, полученным последними двумя экспедициями Академии Наук СССР, яйца, вероятно, принадлежат не динозаврам, а крупным пресноводным черепахам.

дельными частями скелетов. В верхних горизонтах—конгломератах и желтых слоистых песках—преимущественно встречаются водные черепахи, крокодилы, мелкие хищные динозавры и, значительно реже, отдельные части скелетов крупных карнозавров и траходонтид. Нередки небольшие банки пресноводных моллюсков и позвонки пресноводных рыб. Растительные остатки крайне редки, только в песчаных руслах меньших размеров, в районе Алтан-Улы встречаются окремнелые стволы деревьев. Костеносные русла Нэмэгэту представляют собою сравнительно дальние выносы остатков динозавров (рис. 17).

Значительный интерес представляют гигантские местонахождения динозавров верхнего мела в СССР, в Средней Азии. Здесь мы имеем ряд скоплений костей, располагающихся по широтной полосе вдоль северных

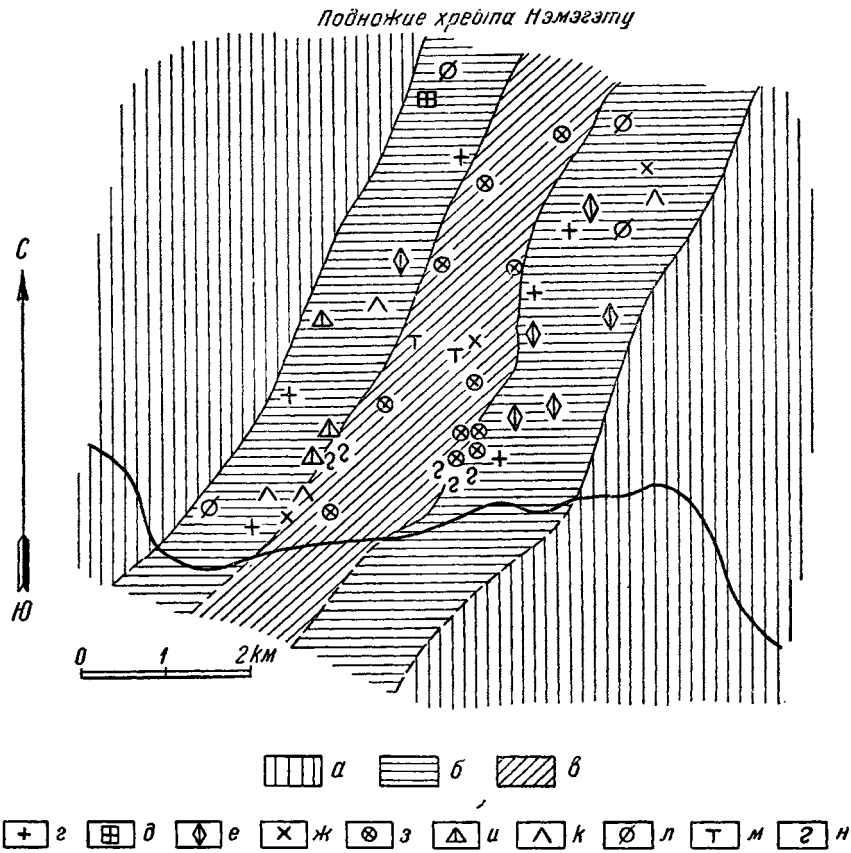


Рис. 16. Схематический план главного костеносного русла местонахождения Нэмэгэту, Южная Гоби Монгольская Народная Республика.

а — немые озерные песчаники и пески; *б* — пески и песчаники нижней зоны русла; *в* — конгломераты верхней и центральной зоны; *г* — отдельные кости и части скелета зауропод; *д*— целые скелеты зауропод; *е* — целые скелеты крупных карнозавров; *жс* — разрозненные остатки крупных карнозавров; *з* — целые скелеты черепах; *и* — целые скелеты траходонтов; *к* — разрозненные остатки траходонтов; *л* — скелеты мелких хищных динозавров; *м* — остатки крокодилов; *н* — скопления остатков рыб и пресноводных моллюсков.

подножий Тянь-Шаньских горных сооружений. Из них назовем местонахождения Сары-Агач близ Ташкента, Биссекты в Кызыл-Кумах, Бозабы в низовьях р. Чу, Карачеку и Калкан в долине р. Или. Все эти местонахождения представляют гряды обломков гигантских костей динозавров,

смешанных с песком и галькой, местами цементированных гипсом, железом и марганцем или несущих следы вторичного окремнения. Гряды обычно террасовидно прислонены к палеозойским массивам среди крупногалечных нагромождений пролювиального типа. Местонахождение Сары-Агач, кстати отличающееся наилучшей сохранностью материала, залегает в области, прежде бывшей затопляемой равниной большой дельты, и близко соприкасается с морскими слоями. В местонахождениях перемешаны остатки динозавров самых различных видов и групп, разных размеров, всегда разломанные на куски, трещиноватые и часто несущие следы окатывания и истирания. Количества костей, сосредоточенные в некоторых местонахождениях, буквально, невероятны. Местонахождение Бозабы (самое крупное) содержит миллион тонн обломков костей динозавров, отложение которых потребовало гибели сотен тысяч особей. Другие местонахождения также содержат колоссальные количества костного материала. Эти

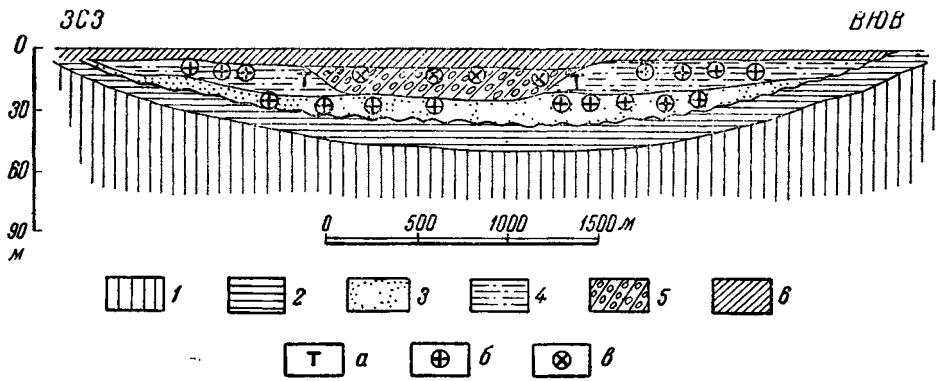


Рис. 17. Разрез главного костеносного русла местонахождения Нэмэгэту.

1 — немые песчаники озерной толщи; *2* — нижние красные песчанистые глины; *3* — серые пески и песчаники с линзами шоколадных известковистых глин; *4* — слоистые желтые пески; *5* — косослоистые гравийники и конгломераты; *6* — конгломераты. *а* — остатки крокодилов, *б* — остатки крупных динозавров, *в* — остатки черепах.

местонахождения образовались в результате перемыва еще больших местонахождений. Крупные кости, уже фоссилизованные, в силу своей величины и тяжести явились остаточной фракцией перемытых толщ, оставшейся на месте в области размыва, и в настоящий момент имеют не меловой, а эоценовый возраст. Нужно думать, что первичные местонахождения, видимо образовавшиеся в дельтах предгорных рек, на побережье морского бассейна, были исключительно велики. Пример уничтожения гигантских местонахождений Средней Азии убедительно говорит о быстроте и мощности деструкции местонахождений в геологических процессах.

В целом, от мелового периода мы имеем большое число местонахождений с наземной фауной, несмотря на то, что морская трансгрессия мелового периода была еще более мощной, чем юрская, и, тем не менее, от юры уцелело несравненно меньше местонахождений. Это опять-таки свидетельствует об особом характере захоронения в юрском периоде, на что уже указывалось выше, и несомненно связано с оживлением горообразовательных процессов в мелу.

В меловых отложениях мы встречаем большое количество следов наземных животных, как всегда вне собственно костеносных слоев. Весьма интересны находки гигантских следов, принадлежащих зауроподам, в нижнемеловых отложениях США, где мы имеем отпечатки следов как отдельных животных, так и целых стад, глубоко вдавленные в подводный глинистый грунт, по которому бродили эти исполинские животные, в бассейнах

до 4—5 м глубины. Еще большего внимания заслуживают следы исполинских динозавров (не зауропод, а двуногих форм) с размахом шага в 5 м, что указывает на высоту животного не менее 11 м! Эти трехпалые следы, длиной почти в 1.4 м, открыты в угленосной формации Месаверде (нижний мел США) на поверхности напластования кровли угольных пластов в копях Западного Колорадо (Красная гора, у Седерэдни, на глубине 120 м), в Честерфилдских копях штата Юта и др. Следы эти показывают на присутствие гигантских динозавров в болотистых лесах районов нижнемелового углеобразования. Редкими формами в меловых местонахождениях являются наземные млекопитающие, птицы и наиболее приспособленные к жизни вдали от водных бассейнов пресмыкающиеся.

6. О местонахождениях наземных позвоночных кайнозоя

Кайнозойские местонахождения наземных позвоночных отличаются от палеозойских и мезозойских многими существенными чертами. Прежде всего нужно отметить разнообразие типов местонахождений и вмещающих их осадков — несравнимое с предыдущими периодами. Помимо обычных для древних периодов дельт, предгорных прогибов, озер, низменных болот во внутриконтинентальных впадинах, местонахождения кайнозоя залегают в речных наносах, эоловых отложениях, туфогенных слоях (вулканическом пепле), асфальтовых озерах, отложениях весьма небольших горных долин и т. д.

Другой особенностью кайнозойских местонахождений является то, что формы, остатки которых в них заключены, выказывают подавляющее преобладание сухопутных адаптаций, что несомненно стоит в соответствии с тем, что в кайнозое главенствующее положение среди всех классов наземных позвоночных занимают млекопитающие — наиболее приспособленные к жизни на суше животные. Однако малое количество водных форм в кайнозойских местонахождениях несомненно связано с преобладанием континентальных фаций на доступных для изучения площадях материков. Поскольку участки земной поверхности, занимаемые материками, в кайнозое уже очень близки к современным, то большинство крупных водных, дельтовых и морских обстановок остаются под уровнем воды или, подобно предгорным впадинам, еще далеки от вскрытия, в то время как континентальные осадки собственно материковые, наоборот, выявляются во всем их разнообразии. Эта особенность проявляется для кайнозоя тем резче, чем с более высоким уровнем геологического времени связаны данные местонахождения.

Для наиболее древних отделов кайнозоя мы еще встречаемся с крупными местонахождениями, подобными преобладающим типам мезозоя и исключительно известным и для палеозоя.

Местонахождения эоцена и палеоцена, так же как и большинство олигоценовых, связаны с прибрежно-морскими, лагунными, дельтовыми отложениями и отложениями больших озер и болот.

Местонахождения древнейшей фауны млекопитающих Европы в большинстве случаев залегают в морских осадках палеоцена и эоцена (конгломераты Сернэй, песчанистые глины лондонского яруса и гипсы Монмартра во Франции, лондонская глина Англии), те же соотношения мы встречаем для эоцена Египта (мокаттамские и нижнефайюмские слои), палеоцена Патагонии и Бразилии (Simpson 1940). Эоценовые местонахождения Северной Америки встречаются довольно богатыми костеносными горизонтами в отложениях дельтового, речного и типа «затопляемых равнин» характера. Отложения более высоких областей материка для этого периода в США (равно и в других странах) неизвестны. Характерным для

эоценовых местонахождений США является постоянное переслаивание с продуктами вулканических извержений — лавами, слоями пепла, туфами и т. п.

В олигоцене местонахождения дельтово-морского смешанного типа становятся редкими. Преобладают озерные и дельтовые отложения из более удаленных от моря областей дельт (местонахождения гигантских носорогов в Казахстане; подобные же местонахождения Монголии; фосфориты и красные глины Керси, Франция; слои Ронзо Центрального плато Франции и т. д.). Большинство олигоценовых местонахождений Европы представляют собою отдельные небольшие скопления, часто своеобразного происхождения. Таковы, например, местонахождения Керси, в которых небольшие скопления костей залегают в карстовых глинистых породах, в трещинах и вымоинах юрских известняков. Подобные же местонахождения распространены в Швейцарской Юре (Osborn 1910).

По сравнению с небольшими и разбросанными европейскими местонахождениями, местонахождения Азии и Северной Америки в эоцене и олигоцене обладают значительными размерами и мощностью, однако несравнимой с гигантскими эврилитемами палеозоя.

На всей обширной территории Советского Союза пока не обнаружено ни одного местонахождения наземных позвоночных эоценового возраста, если не считать вышеупомянутых динозавровых местонахождений Средней Азии, предположительно отнесенных мною к эоцену. Однако эти последние никоим образом не могут считаться заключающими эоценовую фауну, так как содержат остатки меловой фауны в качестве остаточной тяжелой фракции элювиального типа.

Равным образом, отсутствуют и местонахождения нижнего олигоцена. В среднем и верхнем олигоцене на территории Казахстана открыты крупные местонахождения фауны гигантских носорогов-индрикотериев, представляющие собой захоронение плавающих трупов в крупных подводных руслах пресноводных потоков, промытых или в морских эоценовых отложениях (местонахождения на восточном берегу Аральского моря в глинистых линзах между известняками) или в континентальных озерных осадках (песчано-глинистые линзы Бозынгеннуры, оз. Челкар-тениз). В отмеченных местонахождениях захоронены преимущественно крупные и мелкие носороги, зачастую целыми скелетами, изредка попадаются остатки мелких млекопитающих и черепах.

Другие местонахождения Казахстана, принадлежащие уже нижнему миоцену, представляют собою или очень интересные линзы древних галечников, содержащие обломочные и разрозненные кости халикотериев, носорогов и других животных и отложенные в речных руслах (Ас-Казан-Сор), или «карманообразные» линзы речных русел, содержащие целые скелеты мелких носорогов и мастодонтов (Джиланчик).

Эоценовые и нижнеолигоценовые местонахождения в последние годы изучены и частично разработаны советской экспедицией в Монгольской Народной Республике. Одно из наиболее крупных — местонахождение Эргиль-Обо в Восточно-Гобийском аймаке (рис. 18)—показывает две фазы захоронения: более древнюю в тонкозернистых озерных осадках, где захоронены части разрозненных мацерированных скелетов титанотериев и носорогов (верхний эоцен), и вторую фазу захоронения (вероятно — н. олигоцен) в огромном речном русле, врезанном в отмеченные выше озерные осадки. Древнее русло сложено гравийниками, галечниками и песками с очень резкой косой слоистостью, несравненно более беспорядочной и контрастной, чем косая слоистость, отмечавшаяся для меловых русел Нэмэгэту. В гравийниках и песках русла Эргиль-Обо встречены разрозненные, но отлично сохранившиеся кости титанотериев, носорогов,

хищников, грызунов, парнокопытных и птиц. В отдельных впадинах поверхностей размывов встречаются и целые скелеты носорогов, а также скопления черепов, позвонков и конечностей. В верхних конгломератах в изобилии встречаются обломки огромных черепах, иногда и целые их скелеты.

Самыми крупными размерами отличаются местонахождения в больших бедлендах США, как, например, в эврилитеме Уайт Ривер в штатах Дакота, Небраска, Уайоминг и Колорадо. Это мощная (до 2000 м) толща песков, песчаников, глин и конгломератов, залегающая частью согласно на эоцене, частью размывающая континентальные серии самых верхов мела и вверху переходящая в подобные же отложения нижнего миоцена. Условия осадконакопления приводят к представлению о громадной низменной равнине типа «затопляемых равнин», прорезанной речными руслами и

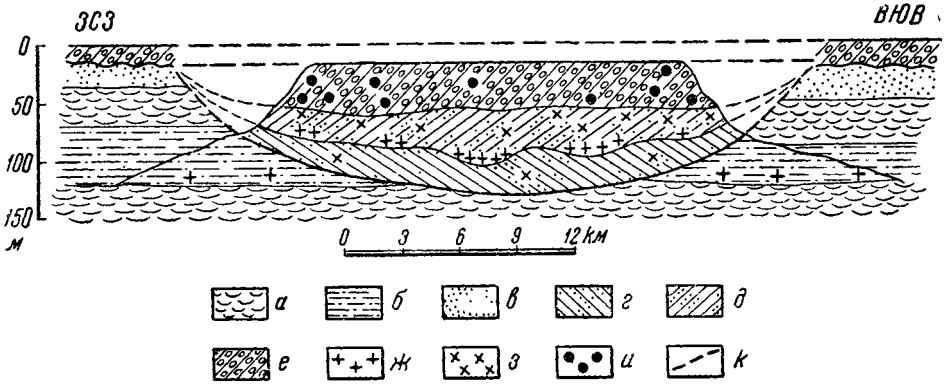


Рис. 18. Схема поперечного разреза древнего русла местонахождения Эргиль-Обо. Восточная Гоби, Монгольская Народная Республика.

а — немые красные глины (эоцен); *б* — светлые тонкозернистые глинистые песчаники (эоцен); *в* — озерные пески и песчаники; *г* — свита серых песков с прослоями мелкого гравия (нижний олигоцен); *д* — сильно косослоистые серые пески и гравийники; *е* — желтые конгломераты и галечники; *ж* — остатки крупных млекопитающих; *з* — разрозненные остатки мелких млекопитающих и черепах; *и* — остатки крупных черепах сухопутного типа; *к* — восстановленные части разреза, в действительности смытые.

покрытой отдельными, часто пересыхавшими озерами. Эта равнина развилась в виде аллювиальной равнины из верхнемеловых областей осадконакопления в обширной предгорной депрессии Скалистых гор. Местами среди осадков встречаются эоловые отложения или отложения стоячих вод, среди которых развиты лентообразные линзы грубых песчаников и конгломератов, так называемые каналы, представленные речными осадками. Интересно давно подмеченное распределение остатков млекопитающих между указанными типами костеносных слоев. Речные песчаники всегда выказывают преимущественное захоронение лесных и речных животных, в то время как глины содержат преимущественно остатки степных бегающих форм. Таким образом, в распределении остатков в местонахождениях сохраняются те же соотношения, которые мы наблюдали для очень древних палеозойских местонахождений Карроо и СССР, с той разницей, что в кайнозое мы имеем более явные наземные адаптации. Однако общие соотношения остаются теми же. Нужно думать, что это явление обязано общим закономерностям захоронения в сходных областях осадконакопления.

В речных отложениях серии Уайт Ривер иногда находятся в большом количестве остатки крокодилов, крайне редкие в кайнозойских местонахождениях вообще. Остатки флоры очень редки в местонахождениях типа серии Уайт Ривер.

Совершенно особым типом древнетретичных местонахождений кайнозоя являются местонахождения в угольных бассейнах, принадлежащие к эоцену и олигоцену. Из них наиболее подробно изучено местонахождение Гейзельталь в эоценовых бурых углях Германии, недавно открытое, но подвергавшееся подробному изучению.

Сходным строением обладают и другие местонахождения в буроугольных бассейнах. Бассейн Гейзельталь весьма небольших размеров, всего 11 км в длину и 4 км в ширину, залегает, повидимому, в сбросовой впадине главной Средненемецкой глыбы. Угольные пласты отличаются огромной мощностью — два главных пласта имеют суммарную мощность в 50 м! Угли преимущественно автохтонные, с «этажным» расположением нескольких слоев пней деревьев, сохранившихся в естественном положении и срезанных на уровне стоячей воды затоплявшегося болота. Процессы отложения угленосных фаций Гейзельталя сравниваются с современными тропическими болотами, вернее болотными лесами Флориды и Зондских островов, находящимися почти на уровне моря и подвергающимися периодическим затоплениям. Сохранение животных остатков в угольной толще Гейзельталя связано именно с приносом остатков в плавающем виде и разжижением кислых гумусовых вод (обычно уничтожающих животные остатки), а также присутствием смол. Распределение остатков животных в Гейзельтале изучено весьма подробно и может служить прекрасным материалом для анализа генезиса местонахождения. Фауна местонахождения Гейзельталя представлена млекопитающими, повидимому лесного образа жизни, преимущественно тапировидными непарнокопытными — лофиодон, также встречены халикотерии, дихобуниды. Более редки остатки сумчатых, грызунов, креодонтов, полуобезьян и летучих мышей. Все остатки перечисленных животных сильно разрознены, цельные скелеты отсутствуют. Зато необыкновенно сохраняются мягкие части — в виде отпечатков или кусочков органической субстанции, вероятно сохранившиеся в результате бальзамирующего влияния смол и дубильных веществ. Весьма большой процент среди остатков фауны в Гейзельтале принадлежит низшим позвоночным, обычно отсутствующим в местонахождениях кайнозоя. Это стоит в несомненной связи с особенностью фации Гейзельталя, соответствующей древним обстановкам жизни наземных позвоночных, в которых продолжают существовать примитивные типы четвероногих. В Гейзельтале найдено множество остатков черепах, тритонов, питонообразных змей, реже ящериц и лягушек. Найдено шесть полных скелетов крокодилов очень различного возраста. В кроющих костеносные слои породах встречено огромное количество копролитов, принадлежавших крокодилам. Известны отдельные находки костей птиц. Таким образом, местонахождение Гейзельталя дает нам остатки жизни низших четвероногих, неизвестной в других местонахождениях, отложенных в обстановках, неблагоприятных для сохранения этих форм (Voigt 1935; Walther 1932; Weigelt 1933, 1939). В подобных Гейзельталю небольших буроугольных бассейнах более позднего возраста (миоцен) мы не находим местонахождений наземных позвоночных, хотя отдельные редкие кости встречаются спорадически в безугольных прослойках. В этих миоценовых буроугольных бассейнах преобладают остатки хвойных и видов таксодиев, не встречающихся в затопленных лесных болотах. Скорее всего эти угли являются результатом накопления продуктов разрушения влажных лесных массивов, а не тропических болот с периодическими затоплениями. Соответственно этому в них нет условий для образования местонахождений наземных позвоночных — как для скоплений их остатков, так и для сохранения костей.

Миоценовые местонахождения. В Северной Америке местонахождения миоцена большей частью образовывались в тех же областях осадко-

накопления, как и нижнетретичные, однако меньше по размерам и более рассеяны. В нижнемиоценовых местонахождениях Джон Дэй интересны погребенные под вулканическим пеплом и базальтовыми потоками леса, минерализованные пни которых стоят в естественном положении с корневыми системами на почве верхнего олигоцена (также с примесью пепла), заключающей остатки древних верблюдов.

Миоценовые местонахождения Европы нередко встречаются в морских слоях и, как правило, имеют незначительные размеры. Для примера назовем морские молассы Южной Германии, лигниты Австрии и Испании с мастодонтами, динотериями и носорогами, Эльдарское местонахождение в Грузии (гиппарионовая фауна наземных млекопитающих вместе с остатками китообразных), патагонскую формацию Южной Америки. Континентальные местонахождения миоцена более распространены и разнообразны; в южной части Русской платформы мы имеем большое количество местонахождений млекопитающих, преимущественно с гиппарионовой фауной. Местонахождения того же типа распространены в Европе, Египте, Восточной Африке, в Азиатской части СССР (Казахстан). Крупные местонахождения миоцена известны на севере Индии, в слоях Манххар и Бугти, на границе Белуджистана. Состав и условия залегания этих двух свит почти точно повторяют строение больших местонахождений США типа Уайт Ривер. Таким образом, они относятся к областям осадконакопления больших затопляемых равнин, прорезанных речными руслами с грубокластическими осадками.

П л и о ц е н о в ы е местонахождения еще более рассеяны и отличаются еще меньшими размерами, чем миоценовые. Замечательна большая редкость местонахождений нижнего плиоцена почти во всех странах за исключением Индии. Кроме того, для плиоценовых местонахождений характерно захоронение остатков животных в сильно разрозненном виде, благодаря чему находки целых скелетов гораздо реже, чем, например, в миоцене. В Европе по своей связи с прибрежными и морскими осадками местонахождения плиоцена представлены более богатыми и цельными скоплениями остатков, чем в Северной Америке. В последней давно уже установился континентальный режим, который в своем развитии обусловил, после широкого осадконакопления нижнетретичных толщ (гораздо более мощных и более резко континентальных, чем в Европе), размыв и спорадическое короткое отложение верхнетретичных.

В истории фаун верхнетретичных млекопитающих явственно выражен разрыв с отсутствием ряда переходных групп между миоценовыми и плиоценовыми фаунами, что стоит в связи с редкостью нижнеплиоценовых местонахождений. Причины слабого захоронения наземных позвоночных в нижнем плиоцене еще требуют выяснения, но уже предварительно можно наметить некоторые общие физикогеографические изменения, связанные с геотектоническими процессами роста горных сооружений и материковых поднятий. Морские бассейны в плиоцене приобретают уже современные очертания и местонахождения в них, несомненно существующие, поныне находятся под водой. То же самое относится к целому ряду дельтовых и озерных осадков, аллювиальных равнин и т. п. С точки зрения погруженного состояния крупных толщ очень поучительны огромные Сиваликские местонахождения Индии. Именно в Сиваликских холмах мы находим богатые местонахождения, принадлежащие нижнему, среднему и верхнему плиоцену—целую эврилитему местонахождений почти непрерывного плиоценового осадконакопления. Только благодаря Сиваликам мы имеем представление о фауне нижнего плиоцена, которая оказалась неожиданно богатой и разнообразной, со множеством интересных специализаций.

Сиваликские местонахождения вытянуты полосой вдоль южных склонов Гималаев и разделяются на две основные группы: Пенджабские Сивалики и Подгималайские Сивалики. Последние ближе к подошве Гималаев, несколько более мощны и выражены более грубыми осадками. Эта длинная гряда холмов, тянущаяся на 1500 миль, представляет собою последний уступ Гималайских гор, обращенный к огромной предгорной впадине Гималаев, занятой долиной Ганга.

Общая мощность Сиваликских отложений колоссальна и превышает 4500 м. Преобладающие осадки — глины, песчаники и конгломераты, накоплявшиеся в предгорной впадине весьма быстрым темпом при интенсивном сносе с огромных непрерывно поднимавшихся Гималайских гор. Соответственно упоминавшимся выше условиям осадконакопления у подножий поднимающихся гор фации предгорной впадины и обширной аллювиальной равнины Гималаев отбрасывались к югу по мере роста Гималайского хребта, пока не переместились в долину Ганга, где они отлагаются и в настоящее время, обладая огромной мощностью. Если рост Гималаев будет продолжаться и дальше еще значительный промежуток времени, то аллювиальная равнина и область предгорной впадины переместятся еще дальше к югу, а часть осадков долины Ганга будет вскрыта, приподнявшись на первом уступе хребта. Именно такое поднятие части предгорной плиоценовой впадины произошло в четвертичное время. Северная часть впадины была захвачена поднятием Гималаев, повидимому во второй половине постплиоцена. Она образовала нижний окраинный уступ горного сооружения, который энергичная предгорная эрозия быстро расчленила на ряд Сиваликских холмов и вскрыла местонахождения плиоценовой фауны, погребенные в огромной толще осадков. Если бы поднятие Гималаев не продолжалось интенсивно в четвертичное время, предгорная впадина Сиваликов не превратилась бы в предгорный уступ, не была бы вскрыта, и мы ничего не знали бы о богатых местонахождениях плиоценовой фауны, как не знаем для других областей земного шара, где вскрытие предгорных верхнетретичных впадин не произошло. Нельзя, разумеется, предполагать, что здесь по неизвестным причинам существовал какой-то остров плиоценовой фауны, отсутствовавший в других местах. Однако обильное захоронение фауны в эврилитемах, подобных Сиваликам, само по себе не могло иметь обширного распространения по причинам необходимости особых условий осадконакопления. Нужно думать, что подобных Сиваликам эврилитем в предгорных впадинах альпийских хребтов, отлагавшихся в верхнетретичное время, но еще не вскрытых, на земном шаре существует весьма немного. Целый ряд предгорных впадин, заполняющихся осадками в настоящее время вдоль северных склонов Тянь-Шаня у нас в СССР, в Андах в Южной Америке, в Каракоруме и Куэнь-Луне в Центральной Азии и т. д., находится в пустынных условиях, неблагоприятных для развития обильной фауны млекопитающих и образования крупных скоплений животных остатков. Вероятно, что осадки этих впадин будут весьма бедны местонахождениями наземной фауны. Подобные условия, видимо, отсутствовали в Сиваликах, где зона осадконакопления отличалась оптимальными условиями для существования многочисленной и разнообразной фауны наземных животных. Весьма интересны находки в речных песчаниках среди глин Сиваликов крокодилов колоссальных размеров, совершенно неизвестных в остальных плиоценовых местонахождениях.

Это показывает, что захоронение в Сиваликской эврилитеме было сравнительно полным и не сходным с весьма бедными и случайными фаунистическими комплексами низших позвоночных остальных верхнетретичных местонахождений.

Четвертичные местонахождения рассеяны по всей площади современных материков и встречаются в очень разнообразных континентальных фациях, редких для предшествующих периодов кайнозоя и совсем не встречающихся в более древних отложениях. Остатки наземных позвоночных залегают в ледниковых моренных отложениях, торфяниках и лигнитах, речных гравиях, отложениях морских, озерных и речных террас, в лёссе, вулканических туфах и натечных образованиях (травертинах), фосфоритах и красных породах, образовавшихся в карстовых щелях, в отложениях склонов. Характерными для четвертичных местонахождений являются частые случаи залегания скоплений костей в пещерах, в горных местностях, а также в асфальтовых натеках и нефтяных лужах. Среди четвертичных местонахождений совершенно отсутствуют крупные костеносные эврилитемы, подавляющее большинство местонахождений залегает в свитах небольшой мощности и малого распространения и содержит весьма небольшие скопления разрозненных остатков или, не менее часто, единичные скелеты. В последнем случае местонахождение оказывается захоронением всего одной, много — двух-трех особей. Отсутствие местонахождений с водными формами наземных позвоночных еще более разительно в четвертичное время. Оно вызывается теми же самыми причинами, которые мы уже рассматривали для плиоценовых местонахождений — погруженным состоянием морских осадков и крупных областей осадконакопления с продолжающейся в них седиментацией. Доступные для исследования четвертичные местонахождения являются тонкими поверхностными образованиями, находящимися в стадии уничтожения эрозией и нацело уничтоженными для более древних геологических периодов. Для более крупных четвертичных местонахождений очень типично залегание в них костного материала в виде обломков, рассеянных в рыхлых осадках, больших количеств перемешанных и разломанных костей. Подобные местонахождения, строго говоря, являются остаточными и показывают определенную стадию разрушения скоплений костных остатков, при дальнейшем ходе геологических процессов неминуемо долженствующих быть разрушенными нацело, как были разрушены миллиарды подобных местонахождений в течение истории земли. Эти местонахождения обычно образуются на местах массовой гибели крупных стад четвероногих травоядных млекопитающих, как, например, местонахождение близ Цинциннати, штат Кентукк, США, так и называемое «Большой костный бой» (Big Bone Lick). Здесь погибло более ста особей мастодонтов, более двадцати — колумбийского мамонта, вместе с несколькими бизонами и оленями. Благодаря сравнительно небольшому промежутку геологического времени, отделяющему наше время от момента образования скопления животных остатков, эти местонахождения еще не успели подвергнуться окончательной деструкции. Те же самые соображения имеют силу для пещерных местонахождений, где скопления животных остатков, подчас довольно значительные, защищены от поверхностной эрозии и погибнут только после разрушения гор, в которых находятся пещеры, на что потребуется гораздо больший промежуток времени.

Крупные местонахождения четвертичных млекопитающих, а также птиц, известны в нефтяных лужах и асфальтовых натеках Бинагады около Баку, в СССР, и в Ранчо ла Бреа, в Калифорнии, США. В местонахождении Бинагады озера, покрытые нефтью, служили местом гибели множества мелких млекопитающих и птиц, сохранявшихся затем от быстрого субаэрального разрушения вследствие консервирующего действия нефтяных смол. Однако большое количество остатков более крупных млекопитающих (носорогов, быков) залегает в поверхностных речных наносах, непосредственно не связанных в своем происхождении с нефтяными

источниками и озерами. Здесь нефтяные поверхностные истечения, преобразовавшиеся на воздухе в кировые или асфальтовые массы, послужили защитой от размывания этих поверхностных отложений, при незначительной мощности которых отложенные кости, вероятно, вовсе не сохранились бы. Таким образом, закированные разлития нефти являются как бы ускоренной литификацией для рыхлых поверхностных континентальных отложений.

Местонахождение Ранчо ла Бреа образовалось в топком болоте, покрытом истечениями нефти, дававшими лужи и нефтяные озерки, перемежавшиеся с пространствами свободной воды. Эти озерки и лужи, превращавшиеся на воздухе в вязкую смолу, служили естественными ловушками для множества птиц и мелких млекопитающих, подобно части местонахождений Бинагады и современному захоронению в нефтяных истечениях в Бакинском районе. Скопления трупов погибших животных привлекали хищников, особенно в ранних стадиях образования местонахождения, когда к озеркам чистой воды приходили на водопой крупные травоядные — колумбийские мамонты, гигантские ленивцы, бизоны, лошади и верблюды, увязавшие в болоте и тут же погибавшие. Интересно, что большинство захороненных крупных травоядных представлены молодыми особями. Хищники захоронены в огромных количествах, — так, например, из местонахождения добыты остатки около трех тысяч особей саблезубых тигров. Кроме саблезубов, в большом числе найдены гигантские волки, вымершие виды койотов и медведей. Птицы преимущественно принадлежат к водным типам — уткам, гусям, пеликанам,— однако в очень большом количестве найдены остатки грифов и орлов, скоплявшихся массами на трупах и также погибавших в вязких продуктах окисленных нефтей.

Интересно отсутствие остатков мастодонтов и тапиров, указывающее на то, что фауна, захоронявшаяся в Ранчо ла Бреа, имела характер фауны открытых равнин или степей, повидимому окружавших это древнее асфальтовое озеро или топь. Впоследствии вязкие нефтяные остатки, пропитавшие все слои, затвердели в кир или асфальт, крепко спаявший всю небольшую толщу отложений (5 м мощности) и обеспечивший превосходную сохранность костей, очень свежих на вид и, действительно, сохранивших большую часть своего органического вещества (Scott 1937).

Еще одним типом больших скоплений костей в поверхностных четвертичных местонахождениях являются местонахождения, связанные с вечной мерзлотой и подземными льдами в арктических областях как остаточными фациями эпохи оледенения. Вечная мерзлота и лед являются одновременно и консервирующими животные остатки факторами и факторами, цементирующими рыхлые осадки, предохраняя их от быстрой эрозии, т. е. играют роль, аналогичную поверхностным истечениям нефти. Помимо известных находок отдельных трупов мамонтов, сохранившихся в ископаемых льдах со всеми мягкими частями без разложения, большое значение имеют огромные скопления ископаемых костей, вскрытые и вторично обогащенные перемывом на морских арктических прибрежьях. Таковы, например, скопления остатков мамонтов и других травоядных на Ново-Сибирских островах, в СССР, в течение многих столетий служившие местом добычи мамонтовой кости; или местонахождения на берегах морских бухт Аляски, где в глинах, покрывающих мощные пласты ископаемого льда, найдено множество костей мамонтов, мастодонтов, мускусных быков, бизонов, лосей, бобров, медведей и т. д. Все кости в подобных арктических местонахождениях отличаются необыкновенной свежестью и, сохраняя свое органическое вещество, подобны костям современных животных. Нередко встречаются обрывки мяса и кожи, сохранившиеся благодаря низким температурам вечномерзлой почвы. Бивни мамонтов из место-

нахождений севера Сибири всегда заменяли современную слоновую кость благодаря своему свежему состоянию.

Описанные крупные местонахождения, повидимому, образовывались у окраин тающих ледников, где в вязких топях —«таликах»— вечной мерзлоты постепенно скоплялись остатки погибавших животных, преимущественно стадных крупных травоядных — мамонтов, бизонов, оленей и т. д.

Закончив наш краткий обзор кайнозойских местонахождений наземных позвоночных, необходимо сказать несколько слов о редких формах в фаунистических группировках этих местонахождений.

Прежде всего, нужно отметить большую редкость всех низших позвоночных — амфибий и пресмыкающихся, которые составляли основную массу палеонтологического материала в местонахождениях палеозоя и мезозоя. Нелепо предполагать их действительную редкость в кайнозое, исходя хотя бы из современных фаун, где мелкие земноводные и пресмыкающиеся составляют значительный процент от общей численности наземных позвоночных, особенно в тропическом поясе. Открытие кайнозойских местонахождений в фациях углеобразующих болот и лесов сразу же показало богатство фауны низших позвоночных.

Другой крупной категорией редких форм в кайнозое будут водные адаптации высших позвоночных — млекопитающих, встречающихся в местонахождениях, как правило, единичными и разрозненными остатками.

Наконец, среди многочисленных остатков, принадлежащих распространенным животным, в крупных местонахождениях встречаются, в виде единичных находок (иногда и целых скелетов, чаще разрозненные остатки), формы совсем особенного строения. Эти формы являются или представителями каких-то обособленных крупных групп, с чертами древней и далеко зашедшей специализации, или несут черты, промежуточные между группами распространенных в местонахождениях форм, связующие далеко разошедшиеся в своей дивергенции роды, семейства или даже отряды. В качестве примеров можно привести: арсиноитерия из египетского олигоцена, баритерия из нижнего отдела тех же отложений — эоценового. Первый известен более полно и является единственно известным представителем целого нового отряда — эмбритопод, от второго найдено лишь несколько костей, показывающих, что баритерий близок к хоботным, но несет такие черты особенной специализации, которые заставляют считать его единственным представителем особого подотряда баритериев. Аналогичные находки известны в богатых местонахождениях Южной Америки, где астрапотерии и пиротерии представляют собою совсем особенных животных, единственных представителей каких-то неизвестных особых групп. Замечательна находка десмостилуса (*Desmostylus*) — необыкновенного млекопитающего, вероятно прибрежного образа жизни, замечательного по специализации зубов и обладавшего некоторыми признаками однопроходных млекопитающих. Это крупное животное известно только по очень редким остаткам. Даже в четвертичных местонахождениях, фауна которых уже весьма близка к современной, найдена такая форма, как эласмотерий. Это огромное носорогообразное животное характерно для четвертичных местонахождений СССР; в других странах найдены только отдельные, очень редкие обломки (Китай, Иран, Зап. Европа). Остатки эласмотерия всегда разрознены, находятся в виде отдельных костей и несмотря на то, что эласмотерий открыт уже давно, его скелет до сих пор неизвестен полностью. Животное является представителем особой группы, другие формы которой не сохранились ни в одном из известных местонахождений. К той же категории редких форм относятся

неожиданные находки гигантских сумчатых в четвертичных отложениях Австралии и другие.

Мелкие формы, носящие переходный характер, присутствуют в виде единичных находок во многих крупных нижнетретичных местонахождениях. Из них назовем пантолестид и миксодестид из эоцена Северной Америки, *Planetetherium* и *Pseudorhynchocyon* из тех же отложений — мелких насекомоядных; *Paradoxonycteris* — рукокрылого из нижнетретичных отложений Европы, крайне редких представителей особых отрядов тиллодонтов и тениодонтов из эоценовых местонахождений США. Замечательна общеизвестная редкость находок приматов и, особенно, ископаемых остатков человека, продукты труда которого находятся несравненно чаще, чем его костные остатки.

Общие выводы

Сделанный нами краткий обзор местонахождений позволяет наметить некоторые общие заключения об условиях захоронения наземных позвоночных в различные геологические эпохи.

1. Для наиболее древних периодов палеозоя мы видим, что все местонахождения рыб, тяготеющих к пресноводным материковым обстановкам, и местонахождения наземной флоры залегают только среди морских отложений.

2. В верхнем палеозое, в котором уже с несомненностью известно существование наземных позвоночных (четвероногих), местонахождения залегают в прибрежно-морских фациях, в паралических прибрежных фациях лесных болот, в особых лагунно-континентальных областях седиментации, связанных с барьерными рифами, и в огромных предгорных прогибах «фортифе», между платформами и заполненными горообразованием геосинклиналями, вероятно представлявшими собою или области низовьев ряда дельт (Приуралье) или огромные, близкие к уровню моря, затопляемые равнины особого, не сходного с позднейшими затопляемыми равнинами типа (Каррoo). Вместе с тем появляются местонахождения в осадках больших внутриматериковых впадин, представлявших собою низменные и болотистые равнины крупных размеров с большой длительностью процессов осадконакопления. Местонахождения наземных позвоночных верхнего палеозоя не встречаются в виде остатков одиночных животных. Они залегают сериями скоплений в крупных комплексах свит, образовавшихся в сходных фациальных условиях — в эврилитемах. Количество остатков наземных позвоночных, залегающих как в отдельных местонахождениях, так и в целых эврилитемах, огромно.

3. В мезозое мы видим, что основные и наиболее крупные местонахождения также залегают в осадках больших дельт или огромных внутриматериковых впадин, но к этим типам костеносных толщ прибавляется еще ряд озерных, озерно-болотных, субаэрально-дельтовых и литоральных образований, в более ранние периоды неизвестных.

4. В кайнозое крайне отчетливо выступает постепенное появление новых и новых типов костеносных отложений, за счет увеличения разнообразия типично континентальных фаций приобретающих максимум в четвертичное время. Нетрудно подметить, что это появление новых континентальных фаций идет рука об руку с развитием современных материков и определением современных границ моря и суши. Вместе с увеличением разнообразия и количества типично континентальных осадков все меньшее количество местонахождений встречается в мощных эврилитемах, связанных в своем образовании с краевыми и низкими областями материков. Соответственно этому, размеры местонахождений и количества

заключенных в них животных остатков становятся все меньше по мере приближения к современности.

Также характерным для кайнозоя является весьма малое количество местонахождений с остатками морских позвоночных, становящееся все меньше вверх по стратиграфической вертикали.

5. Количество известных в настоящее время местонахождений наземной фауны и флоры вглубь времени непрерывно уменьшается, достигая предельно низких цифр для тетрапод в девоне, для рыб — в силуре и также для наземной растительности.

6. Почти все известные местонахождения позвоночных аллохтонны, так как содержат остатки форм, так или иначе перемещенные из среды своего обитания. Крайне редкие случаи автохтонии наблюдаются или для личинок наземных позвоночных — амфибий, или для яиц пресмыкающихся. В палеозойских и мезозойских местонахождениях захоронение остатков животных, как правило, не совпадает даже с местом их гибели. В больших кайнозойских местонахождениях мы встречаем те же особенности. Только в верхнем кайнозое, при разнообразии типов мелких местонахождений, известны залегания остатков животных непосредственно на месте их гибели, что является чрезвычайно редким для более древних местонахождений.

7. Замечательно для местонахождений палеозоя как для фауны, так и особенно для флоры большое однообразие форм, встречающихся в самых различных по своему географическому расположению местонахождениях.

Это однообразие форм совпадает с однообразием вмещающих пород и их фаций и поражает исследователей как действительно необычайное явление, распространенное на громадных территориях.

8. Равным образом состав форм, захороненных в палеозойских местонахождениях, отличается однообразием представляемых ими адаптаций, в подавляющем числе водных. Это преобладание водных адаптаций меньше в местонахождениях мезозоя, а в кайнозойских местонахождениях мы встречаемся с преобладанием сухопутных форм и большой редкостью водных.

9. Оба эти явления, отмеченные в пп. 7 и 8, обязаны фациальным условиям захоронения — поразительному однообразию вмещающих местонахождения фаций в палеозое и выпадению большинства фаций водных, прибрежных и дельтовых обстановок осадконакопления в кайнозое.

10. В каждом крупном местонахождении любого геологического возраста находятся редкие, как бы «экзотические» формы, встречаемые в единичных экземплярах, часто в виде разрозненных костей, и по своему строению резко отличающиеся от преобладающих форм захороненной в местонахождении фауны.

Такие «экзотические» формы или являются единственными представителями новых, нигде не встреченных крупных систематических категорий, или несут черты переходного, промежуточного между крупными систематическими подразделениями характера. В палеозойских местонахождениях экзотические формы обычно являются сухопутными, сильно отличающимися от распространенных водных типов. Иногда экзотические формы представляют собой пережитки древних групп, давно исчезнувших из типичных фаун, как, например, батрахозавры в пермских фаунистических группировках. В других случаях экзотические формы несут черты высокой организации, намного опережающей эволюционную ступень развития преобладающей фауны. Очевидно, что эти формы попадают в захоронение лишь случайно, из удаленных ареалов обитания, находившихся вне области, населенной типичной фауной, близкой к району осадкона-

копления и поэтому преимущественно попавшей в захоронение. Так, в палеозое, по мере приближения местонахождения к области сноса увеличивается количество экзотических форм, представляющих сухопутные адаптации, что служит руководящим указанием для фациальной характеристики вмещающей толщи. Экзотические формы местонахождений крайне важны, так как указывают на характер фауны и флоры в областях вне районов осадконакопления, именно: внутриконтинентальной для древних периодов геологического времени или возвышенных пространств для более поздних геологических эпох; такие фауны и флоры обычно не захороняются по причинам, которые будут рассмотрены ниже.

11. Экзотические формы различных местонахождений свидетельствуют о существовании разнообразных и более или менее высокоорганизованных наземных форм в значительно более древние отрезки геологического времени, чем это отражено в типичных и богатых местонахождениях. Так, находки спор высших растений, недавно сделанные в кембрийских слоях СССР, говорят о наличии довольно высоко организованных растений наземного характера в такие древние времена, в какие их присутствие и не подозревалось. Некоторые экзотические формы в палеозойских наземных флорах говорят о гораздо более раннем появлении высших растений, чем это дается распространенными флористическими группировками. Те же соотношения мы видим в фаунах наземных позвоночных. Единичные находки отдельных костей говорят о существовании рептилий уже в нижнем карбоне, летающих рептилий — в перми млекопитающих — также в перми.

12. Все «первые появления» форм тех или других крупных систематических категорий в местонахождениях, как правило, представлены крупными, сильно специализованными, сильно дивергировавшими и весьма многочисленными формами, которые заставляют подразумевать длительный предшествовавший период развития.

13. Характер залегания костеносных слоев во вмещающих толщах, особенно в палеозое, обычно создает впечатление внезапного появления остатков фауны, вдруг принесенных откуда-то в ранее немую, но совершенно однообразную толщу. Все крупные местонахождения не имеют никаких предвестников своего появления в виде редких находок в нижележащих слоях.

14. В некоторых случаях известные и исследованные местонахождения приурочены к фациям, содержащим полезные ископаемые и подвергающимся промышленной разработке. Таковы, например, большинство угленосных толщ, медистые песчаники и сланцы, нефть или естественные краски и т. д. Особенно важное значение это имеет для мощных толщ континентальных осадков, содержащих местонахождения палеозоя и мезозоя. Фации, не содержащие полезных ископаемых — мощные не угленосные континентальные толщи палеозоя изучены в сравнении с угленосными чрезвычайно слабо, что, безусловно, определяет гораздо бо́льшую редкость открытия местонахождений.

15. Все огромные костеносные эврилитемы палеозоя находятся в крупнейших зонах осадконакопления, в «фортифе» орогенических зон. Эти крупные депрессии, как правило, находятся на окраинах платформы и обязательно связаны с морскими бассейнами. В более поздние геологические эпохи подобные эврилитемы находятся также в предгорных прогибах типа местных предгорных впадин, но меньшего значения и удалены от моря внутрь материка.

16. Интересное развитие во времени показывают остаточные местонахождения, образовавшиеся из обломков разрушенных скоплений животных остатков. В палеозое мы не знаем сколько-нибудь значительных

остаточных местонахождений. В нижнем мезозое — триасе крупные остаточные местонахождения — бонебеды залегают в литоральных отложениях и образовались в результате трансгрессии моря на континентальные дельтово-лагунные районы захоронения. В верхнем мезозое гигантские остаточные местонахождения динозавров залегают у подошвы горных сооружений и в межгорных впадинах и являются результатом континентальной эрозии первичных дельтовых местонахождений.

Остаточные местонахождения кайнозоя, в особенности верхнего, образуются не в результате разрушения литифицированных местонахождений, а разрушения первичных скоплений не фоссилизованных костей в поверхностных отложениях. Эти местонахождения в верхнем кайнозое получают очень широкое распространение, резко контрастирующее с древними эпохами и связанное с наличием поверхностных, глубоко континентальных осадков, совершенно отсутствующих в палеозое.

17. Типы поверхностных захоронений животных в консервирующих средах совершенно отсутствуют в палеозое и мезозое, но характерны для верхнего кайнозоя. Это особенно ярко выражено в типе асфальтовых местонахождений.

18. Соответственно более полному захоронению наземной фауны млекопитающих в кайнозое мы наблюдаем резкое разграничение отдельных крупных фаун, неизвестное для мезозоя и палеозоя. Таковы, например, весьма своеобразные фауны архаических копытных Южной Америки или фауны крупных и разнообразных сумчатых этой же страны, которые дали ряд конвергентных форм плацентарным млекопитающим Старого Света, вплоть до аналогичных лошадям однопалых копытных или сумчатых саблезубых тигров. Нужно думать, что в адаптивных радиациях наземных позвоночных палеозоя и мезозоя также имело место параллельное развитие различных групп низших позвоночных разных географических областей, совершенно стертое неполнотой геологической летописи.

ГЛАВА III

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕСТРУКЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОСАДКОВ ВО ВРЕМЕНИ. ЛИТОЛЕЙМОНОМИЯ И ТАФОНОМИЯ НАЗЕМНЫХ ФАУН И ФЛОР

Обзор главнейших местонахождений наземных позвоночных, проделанный нами в предыдущей главе, показал, что древнейшие области захоронения наземных позвоночных, совпадающие с областями осадконакопления, представлены весьма однообразными фациями, тесно связанными с морем и занимающими очень низкое расположение по отношению к уровню моря в окраинных, прибрежных частях материков. Только в более поздних геологических периодах мы встречаем местонахождения, залегающие в типично континентальных фациях. Но и эти образования принадлежат к крупным и низким (по отношению к уровню моря) областям осадконакопления, в которых связь костеносных слоев с остатками субаэральной поверхности древней суши встречается чрезвычайно редко. Разнообразие поверхностных континентальных фаций, содержащих местонахождения наземных позвоночных, встречается только в четвертичном периоде — самом позднем отрезке геологического времени, уже весьма приближенном к настоящему времени.

В исторической геологии уже давно известен факт отсутствия континентальных осадков в отложениях древнейших периодов истории земли. Это обстоятельство можно было бы предвидеть и чисто теоретически, исходя из основной противоположности моря и суши, как областей накопления и сноса.

Оставляя в стороне докембрийские толщи, как еще плохо изученные, отметим для кембрия полное отсутствие отложений, могущих быть названными континентальными осадками. Известные тиллиты Австралии принадлежат тем же фациям морских моренных отложений, как и позднейшие тиллиты карбонового оледенения Гондваны. В силуре мы также не знаем достоверных континентальных отложений, кроме лагунных, соленосных и гипсоносных глин. Дальнейшее развитие континентальных фаций в палеозое изложено выше.

Обычное (и, нужно сказать, совершенно формальное) объяснение отсутствия континентальных фаций в геологической летописи материков, принятое среди геологов, занимающихся континентальными отложениями, сводится к тому, что мы не умеем еще различать континентальных отложений среди мощных свит древних осадков.

Подобное утверждение противоречит действительно имеющимся соотношениям, показываемым историей местонахождений наземных позвоночных — единственных точных индикаторов фациальных обстановок

прошлого. Эта история показывает нам вполне закономерное проникновение областей захоронения все глубже внутрь материков по мере продвижения вверх по стратиграфической вертикали.

Однако в то же время экзотические формы древнейших фаун и флор доказывают нам наличие таких зон обитания и, следовательно, таких континентальных областей, которые ничем не отражены в геологической летописи распространенных осадков. Таким образом, мы приходим к представлению о закономерном отсутствии в геологической летописи ряда материковых фаций, несомненно существовавших на данных уровнях геологического времени, но не сохранившихся во времени. В таком случае постепенное проникновение наземных позвоночных в глубь материка, казалось бы, вполне подтвержденное фактическим материалом геологической летописи, оказывается, с одной стороны, запаздывающим против имевшего место в действительности процесса и, с другой стороны, всецело подчиненным сохранению осадков определенного типа.

Поэтому для тафономии чрезвычайно важным является познание закономерностей сохранения континентальных толщ во времени, осуществляемое через исследование отложений, вмещающих местонахождения.

Действительно, всякий геологический процесс, созидающий толщи осадков как результат тектонического развития земной коры, неизбежно и всегда имеет и обратное действие — разрушение, деструкцию определенных областей земной поверхности по ту сторону областей осадконакопления. Геология, как правило, занималась с большим успехом изучением конструктивной стороны геологических процессов, оставляя в стороне деструктивную сторону.

Всякому знакомому с исторической геологией известно, что чем древнее те или другие отложения, тем меньшее количество фактов о геологических процессах того времени дают они в совокупности имеющегося материала. Но далеко не всякому известно, что эти отсутствующие в летописи данные представляют собою не случайно уничтоженные обрывки, а что исчезновение страниц геологической летописи идет закономерным путем. Познав эти закономерности, мы можем установить, какие именно листы вырваны деструкцией во времени, ибо рука времени действует избирательно.

Деструктивная сторона геологических процессов действует преимущественно на субаэральной поверхности материка и направлена прежде всего на уничтожение этой поверхности, а затем тех осадков, которые отложились в его возвышенных над уровнем моря областях, так как основная сила разрушения, помимо атмосферных агентов, это — сила тяжести, сопряженная с действием текучих вод. Поэтому именно поверхности материков подвергаются первоочередной деструкции в геологических процессах и эта деструкция идет тем интенсивнее, чем выше над общим базисом эрозии — морем — расположены денудируемые области материка. Уже исходя из этого очевидного сопоставления, мы можем предположить разнокачественный ход деструктивных процессов в различных областях материков, приводящий к более быстрому уничтожению одних фаций по сравнению с другими.

Огромная длительность геологического времени тоже представляет собою фактор, чрезвычайно существенный для оценки мощности деструктивных процессов. Силы геологических процессов, действующих в деструктивном направлении, увеличиваются во много раз при действии в течение больших отрезков времени. Время, сопряженное с деструкцией, неизбежно действующей всегда на поверхности земли как вторая противоположная сторона всякого созидающего геологического процесса, является также могущественнейшим фактором. Однако именно время весьма слабо исследовано геологией, несмотря на то, что геология и палеонтология,

кроме астрономии, — науки, постоянно имеющие дело с временем огромной, невообразимой длительности. Представление о времени в геологической мысли обычно является весьма примитивным. Для иллюстрации распространенных ошибок в оценке процессов, протекающих с большой длительностью, не лишне будет вспомнить мысли, высказанные еще академиком Бэром, что масштаб, применяемый человеком для измерений и оценки различных явлений природы во времени, находится в соответствии только с продолжительностью человеческой жизни и отнюдь не является абсолютным. Картины геологических процессов существенно изменялись бы, если бы жизнь человека, их представляющего, была замедлена и удлинена или ускорена и укорочена в тысячу раз.

В течение сотен миллионов лет, протекших с момента появления наземной жизни, геологическая летопись формировалась в бесконечной смене противоположных процессов конструкции и деструкции, размыва и накопления осадков. Эти процессы чередовались как по временной координате, так и по пространственной. Иными словами, соответственные зоны не только следовали одна за другой, но и изменяли свое расположение на поверхности земли. При этом часть уже отложенных осадков уничтожалась последующими размывами, часть — погружалась в глубокие зоны земной коры, подвергаясь метаморфизму и анатексису, в том и другом случае выпадая из палеонтологически документированной летописи. С другой стороны, обширные площади развития древних осадков остаются погруженными под мощными толщами позднейших отложений или под уровнем моря. И в этом случае процессы изменения лика Земли во времени выводят огромные массы осадочных образований из поля нашего зрения.

Для того чтобы разобраться в сложной истории формирования геологической летописи древних материков, необходимо обратить серьезное внимание на исследование процессов деструкции материковых поверхностей во времени, для выяснения закономерного преимущественного сохранения в геологической летописи одних типов осадков перед другими. Тем самым мы подойдем к познанию закономерностей формирования геологической летописи континентов, как суммы сохранившихся до нашего времени континентальных осадков, и к объяснению отсутствия ряда фаций в имеющихся документах этой летописи.

Нетрудно видеть, что в этом случае историческая геология становится перед комплексом вопросов, аналогичным разрабатывающимся тафономией.

Если тафономия ставит конечным итогом познание закономерностей сохранения органических остатков в осадочных толщах, то историческая геология должна стать перед вопросом познания закономерностей сохранения самих осадочных толщ в процессах изменений поверхности Земли во времени.

Это аналогичное тафономии в палеонтологии направление исторической геологии может быть названо литолеймономией,[1] т. е. познанием закономерностей сохранения осадков, рассматривая известные нам в геологической летописи отложения как остатки действительно распространенных ранее осадочных комплексов, уцелевшие закономерным путем в деструктивных процессах во времени. В совершенно полном соответствии, объекты, изучаемые тафономией, также являются не более как остатками когда-то обширных и многообразных накоплений органических продуктов флоры и фауны на поверхности древних материков. Тафономическое изучение процессов захоронения органических остатков

[1] От греческих слов: λίθος — камень, порода; λεῖμμα — остаток; νόμος—закон.

необходимо должно быть сопряжено с литолеймономией, иначе не могут быть поняты конечные результаты формирования геологической летописи, уже не из местонахождений, но из отложений, их вмещающих.

Рассмотрим некоторые положения литолеймономии, проистекающие из проделанного нами выше обзора местонахождений.

Прежде всего бросается в глаза одна закономерность, явственно выступающая из имеющегося материала геологической летописи континентальных осадков. Все древнейшие континентальные отложения встречаются в виде весьма мощных толщ, костеносных эврилитем, отложенных в крупнейших областях осадконакопления. Для палеозоя — это огромные впадины типа «фортифе», находящиеся между прекратившими свое существование после орогении геосинклиналями и окраинами континентальных платформ. Таковы: эврилитема Карроо между гондванидами и Южноафриканской платформой, эврилитема Приуралья между уралидами и Русской платформой, эврилитема Красных Слоев в США и т. д. В других случаях это — огромные угленосные эврилитемы, связанные с зонами прогибов на окраинах геосинклиналей или гигантскими мегасинклиналями — плоскими, но обширными прогибами платформенных геотектонических элементов. Наконец, это отложения больших впадин, развивавшихся как конечная фаза орогении в складчатых зонах, которые распадались на ряд различным образом приподнятых или опущенных глыбовых участков.

Совершенно отсутствуют осадки мелких бассейнов, озер, небольших дельт (известны только громадные дельты, подобные дельте жернового песчаника в карбоне Англии), не говоря уже о еще менее протяженных пространственно и менее мощных типах поверхностных континентальных фаций.

Внутри указанных огромных эврилитем существуют разнотипные фации, слагающие отдельные пачки и слои, однако все эти фации н е и з м е н н о п о д ч и н е н ы одной и той же крупной обстановке осадконакопления. Именно поэтому так беспомощны поиски более высоких континентальных фаций среди подобных толщ, основанные, например, на выделении дельтовых участков среди лагунных образований и установлении направления приноса седиментационного материала.

Еще одной замечательной чертой древнейших континентальных отложений является то, что все эти крупные эврилитемы принадлежат к весьма низким (по отношению к уровню моря) физико-географическим обстановкам. Крупные впадины — вместилища палеозойского осадконакопления континентального типа — всегда располагаются на окраине материков и всегда связаны с морем, что отражено в непосредственном проникновении морских слоев внутрь континентальных свит этих эврилитем. Отложения областей осадконакопления другого типа, хотя бы и крупных, но расположенных глубоко внутри материка, какими могут быть, например, межгорные впадины внутри горных стран, неизвестны или чрезвычайно редки в палеозое.

Таким образом, мы видим, что от континентальных отложений палеозойских материков сохранились не только самые крупные зоны осадконакопления, но из всех последних только такие, которые расположены в окраинных, низких, близких к уровню моря, областях материков. В мезозое мы встречаем отложения других типов осадконакопления или из более глубоких областей материка, или менее крупных зон осадконакопления из окраинных и низких материковых районов. В кайнозое мы уже не раз отмечали постепенное возрастание разнообразия материковых фаций, связанных с отложением осадков глубоко внутри материка,

но и становящихся все более мелкими в смысле пространственного протяжения и мощности.

Изложенное приводит нас к весьма интересному выводу: во времени, в процессах деструкции материков прошлого, преимущественно сохраняются лишь отложения крупнейших зон осадконакопления, связанные с наиболее крупными тектоническими элементами, выраженными в отрицательных формах рельефа. Величина области осадконакопления, отраженная в конечном продукте ее существования — мощной осадочной эврилитеме, — зависит, конечно, от пространственно-временного протяжения процесса отложения осадков, выражающегося в распространении и мощности данного типа осадков. Временно́е протяжение процесса осадконакопления может быть и не столь значительным при условии большой эффективности отложения — быстрого и энергичного накопления осадков.

Последний способ образования мощных осадочных толщ чрезвычайно благоприятен для захоронения фауны и образования многочисленных местонахождений, однако требует сопряжения с областью энергичной деструкции и поэтому чаще встречается во внутриматериковых районах в системах горных сооружений. Вместе с тем, повидимому, будет доказано, что ряд костеносных эврилитем палеозоя и мезозоя возник именно благодаря приближению горных хребтов к прибрежным областям материков и ускоренному осадконакоплению в низких обстановках седиментации, для которых, как правило, типично сравнительно медленное отложение, не способствующее сохранению остатков наземных животных.

Области осадконакопления с малой протяженностью и малой длительностью существования (при средней скорости осадконакопления) не могут образовать мощных и пространных толщ континентальных осадков и поэтому нацело разрушаются во времени, выпадая из геологической летописи. Эта закономерность вполне соответствует анализу деструкции во времени с точки зрения теории вероятностей. Здесь действует закон больших чисел, приобретающий совершенно особенное значение в миллионах веков геологического времени.

Принцип преимущественного сохранения крупных фаций (определим, во избежание неправильных представлений, фацию как физико-географическую обстановку осадконакопления, сопряженную с тектоногенезом данной области и выраженную в геологической летописи комплексом осадочных пород) в истории Земли был до последних лет слабо отражен в геологической мысли и впервые ясно сформулирован советскими тектонистами. С другой стороны, к пониманию тех же закономерностей подошел Пустовалов (1940), на основе анализа исторического развития фаций осветивший закономерную периодичность осадкообразования в истории земли.

Размеры сохраняющихся в геологической летописи континентальных фаций относительны и изменяются для каждого уровня геологического времени.

Другой стороной той же особенности сохранения континентальных осадков во времени, еще не получившей до сих пор ясного освещения, является закономерное выпадение из летописи фаций, связанных с возвышенными над уровнем моря областями материка. Выяснение характера этого процесса есть непосредственная задача исследований деструкции поверхности материков в настоящее время и в прошлые геологические эпохи. Изучение деструкции материков настоящего времени и является актуалистическим направлением исследований по литолеймономии, но, к сожалению, еще крайне мало разработано. Геоморфология, которая должна

была накопить большой материал в этом направлении, подобно геологии, занимается конструктивной стороной геоморфологических процессов — формами рельефа.

Разберем некоторые положения, проистекающие как из особенностей сохранения фаций в геологическом времени, так и из особенностей деструкции фаций на поверхности материков.

Крупные и однообразные фации, сохраняющиеся от материков верхнего палеозоя (от нижнего палеозоя вообще не сохранилось континентальных фаций), располагаются в огромных и низких тектонических элементах рельефа. В более поздние геологические периоды возрастает число и разнообразие континентальных фаций, достигающее максимума в самых верхах кайнозоя. Это возрастание числа и разнообразия фаций идет рука об руку с уменьшением их размеров, поскольку все наиболее крупные фации позднетретичного времени, которые должны преимущественно сохраниться в последующих после нашего времени миллионах лет геологической деструкции, находятся ныне в погруженном, недоступном деструкции (а также и исследованию) состоянии. Такой характер нашей геологической летописи известен давно, почти с первых шагов геологии, но истолковывался обычно односторонне как различие древних процессов осадконакопления в сравнении с более поздними. Нельзя, разумеется, отрицать, что в различные периоды истории Земли происходили существенные изменения общего характера седиментации, связанные с геотектоническим развитием лика Земли. Однако не только эти изменения определили содержание геологической летописи, но и закономерности литолеймономии — сохранения осадков во времени и деструкции.

Приведенное выше преимущественное сохранение мелких и поверхностных континентальных фаций в верхнем палеозое может быть хорошо дополнено сравнением ледниковых отложений в верхнем палеозое и четвертичном периоде. В то время как от верхнего палеозоя нам известны только отложения исполинских морен в береговой полосе материков, переплетающихся с морскими осадками, от четвертичного времени сохраняются все мелкие подразделения ледниковых фаций. Весьма вероятно, что фации, подобные палеозойским тиллитам, в четвертичное время существовали (и существуют в настоящий момент) вокруг Антарктического материка, однако их осадки скрыты глубоко под водой моря и нигде не вскрываются на поверхности.

Крайне характерно, что связь верхнекарбоновых тиллитов с морскими осадками обычно трактуется как доказательство особых условий карбонового оледенения, а именно наличия низких материков. Это объяснение, однако, стоит в серьезном противоречии с возможностью образования покровных ледников на низких материках, для допущения которого приходится обращаться к перемещению полюсов, материков и т. д. Между тем, с точки зрения литолеймономии, наличие только связанных с морем тиллитов именно и является вполне закономерным. Вся поверхность высокого материка с его ледниковыми фациями нацело выпала из геологической летописи в условиях закономерной деструкции высоких областей. Уцелели же только те ледниковые фации, которые располагались в окраинных и наиболее низких частях материка, т. е. тиллиты. Необходимая для развития мощного оледенения значительная высота материков карбона и, скажем, кембрия, противоречит имеющимся в летописи фациям. Однако именно в этом противоречии и проявляются общие закономерности литолеймономии, ибо поверхности возвышенных материков необходимо должны исчезнуть из геологической летописи палеозоя со всем комплексом своих фаций. Такое сохранение карбоновых ледниковых фаций совершенно точно соответствует типам фаций других континентальных

осадков, имеющихся в геологической летописи от того же уровня времени.

То же самое можно сказать о древних почвах, денудационных поверхностях, морских берегах и т. п. В палеозое нам встречаются только весьма редкие остатки морских берегов в виде абразионных поверхностей с залегающими на них грубыми морскими осадками, или же подводные почвы карбоновых лесов. В мезозое участки древних денудационных поверхностей, принадлежавших уже низменным участкам материка, встречаются несколько чаще, равно как и следы животных. Известны редкие находки разрушенных остатков материковых почв, которые встречаются гораздо чаще в верхнем кайнозое, равно как и ряд других ископаемых поверхностных образований (ископаемые карсты, трещины и т. д.), свидетельствующих о несомненном сохранении участков материковой поверхности. Выпадение из летописи древних почв подчинено тем же особенностям, какие мы намечали выше для континентальных осадков. Однако оно еще более тесно связано с зональной деструкцией осадков и с зональным сохранением их на поверхности материка, которые мы разберем несколько позже.

Изложенная схема сохранения осадков материков прошлого, разумеется, еще крайне схематична, но, нужно думать, в общем отражает действительные соотношения и может служить отправной точкой дальнейших исследований.

Наблюдаемое в геологической летописи закономерное выпадение большинства материковых осадков, отлагавшихся на поверхности древних континентов, лишний раз указывает, что внезапные погружения материков под уровень моря, как, например, легендарной Атлантиды, в действительности никогда не имели места. В ином случае мы имели бы целый ряд поверхностных образований такого потонувшего материка, вполне сохранившихся под слоем морских напластований.

Подобную же картину мы наблюдаем и для морских отложений с той разницей, что морские осадки лучше сохраняются во времени, чем континентальные. Это обстоятельство зависит, во-первых, от бо́льших размеров типовых областей морского осадконакопления в сравнении с континентальными и, во-вторых, от меньшей вероятности размыва, если область отложения морских фаций была сравнительно устойчива во времени, поскольку морские фации всегда располагаются ниже уровня денудации, определяемого поверхностью моря.

Принципы сохранения во времени более крупных фаций мы можем наблюдать и в наши дни повсеместно. Возьмем для примера горную обстановку седиментации, характеризующуюся определенными типами грубых осадков. Среди масс грубых отложений в долине любой горной реки мы можем встретить участки замедленного течения или даже стоячей воды, в которых отлагаются тонкие осадки, зачастую, при зарастании растительностью, обогащающиеся органическим веществом. Эти осадки принципиально не отличимы от озерно-болотных фаций равнины или соответствующих участков дельт. Вся разница заключается в ничтожной площади распространения таких отложений и очень коротком периоде их существования, зачастую не превышающем нескольких месяцев. Фации чуждого для данной области характера эфемерны во времени. Точно такие же неустойчивые в пространственно-временном отношении фации мы можем наблюдать в любой из обстановок седиментации. Так, среди дельтовых или неритовых, или даже мелкоозерных обстановок осадконакопления мы можем уловить фации, характерные по условиям гидродинамической седиментации для батиальной или абиссальной области моря. Однако

существование этих фаций коротко даже для нашего человеческого времени, ничтожно в пространственном выражении и продукты их седиментации не сохраняются и исчезают задолго до литификации осадков. Даже если где-нибудь в массе вмещающих пород определенного типа осадкообразования и сохранятся отложения ничтожно малой фации, то шансов обнаружить ее при изучении этих толщ будет столько же, сколько и для ее сохранения, т. е. практически — нуль. Таким образом, мы приходим

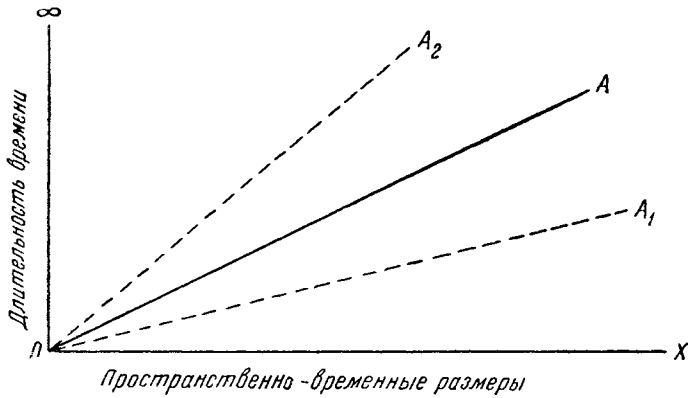


Рис. 19. Диаграмма сохранения континентальных фаций во времени. Угол *XOA* тем больше, чем слабее денудация и, наоборот, тем менее, чем сильнее денудация.

к положению, что пространственные размеры осадочных комплексов, сохраняющихся в геологической летописи, могут рассматриваться как функция времени (рис. 19). Следовательно, каждая толща осадочных пород в смысле своего сохранения в земной коре имеет собственную пространственно-временную характеристику. Повидимому, дальнейшие исследования геологического времени с позиций современного научного мышления откроют нам очень интересные перспективы в истории Земли и жизни.

Истинные соотношения пространственно-временных размеров фаций, сохраняющихся в летописях различных геологических периодов, нам еще неизвестны. Мы можем из наблюдения над современными осадками установить, что отложения размерами в несколько квадратных метров и мощностью в несколько сантиметров среди поверхностных отложений материка существуют весьма недолго. Существование абиссальных фаций современного океана исчисляется периодом в 20—30 миллионов лет. Отнюдь не исключена возможность, что в дальнейшем мы сможем установить некие определенные величины фаций для сохранения со времени палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Пока теоретически можно представить себе схему уменьшения размеров сохранившихся фаций и увеличения их численности по мере восхождения вверх в геологическом времени (рис. 20).

Нетрудно видеть, что для каждого отрезка времени будет существовать некая предельно-минимальная величина пространственно-временного протяжения фаций данной эпохи, которые сохранятся в последующих деструкциях до современности. Эта предельно-минимальная величина будет различной в зависимости от времени, к которому она относится. Все размеры фаций, бо́льшие этой средней величины, будут сохраняться в геологической летописи, меньшие этой величины размеры фаций выпадут из геологической летописи, не дойдя до современности. Я предлагаю назвать те фации, пространственно-временные размеры которых больше

необходимой предельно-минимальной величины, определяющей их сохранность с данной глубины времен до наших дней,— у л ь т р а ф а ц и я м и. Те фации, размеры которых меньше необходимой средней

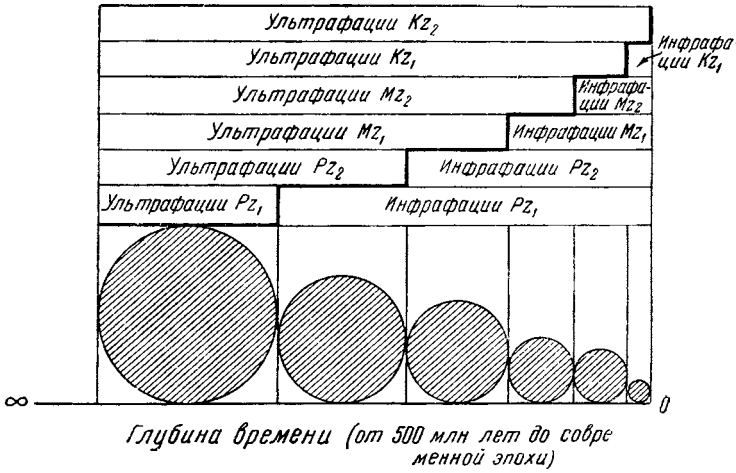


Рис. 20. Схема ультрафаций и инфрафаций во времени.
K_Z – кайнозой; M_Z — мезозой; P_Z — палеозой.

величины и которые выпадают из летописи, могут называться и н ф р а ф а ц и я м и. Предельно-минимальная величина, постоянная для каждого уровня времени, может быть названа средней величиной сохранения.

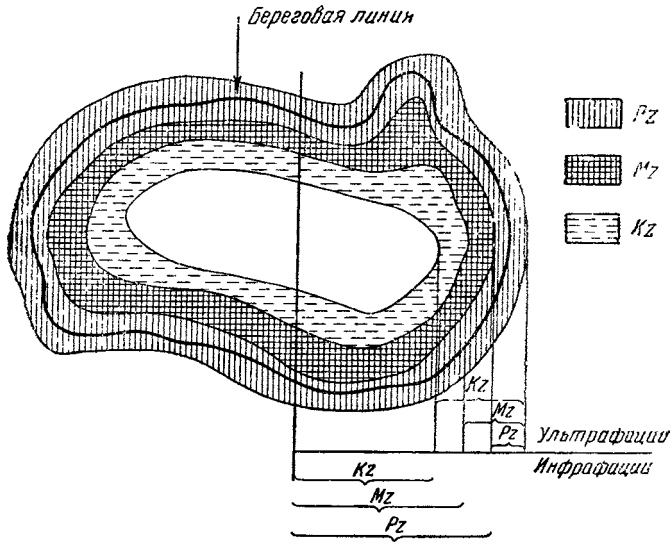


Рис. 21. Схема ультрафаций и инфрафаций по ступеням деструкции материка во времени. Для упрощения схемы принято равномерное повышение материка от берегов к центру.

Из рис. 19 видно, что для континентальных фаций средняя величина сохранения может быть подвержена колебаниям и независимо от уровня времени, а именно в случае ослабления или усиления общей денудации, т. е. связана также с абсолютными высотами материков. Передвижение

средней величины сохранения определяет периодичность и специфику развития эпох континентального осадкообразования. В морских осадках, отложение которых тоже определяется денудацией материков, все указанные отношения также имеют место.

Распределение устойчивых во времени континентальных фаций на материке подчиняется правилу, которое может быть названо п р а в и л о м с т у п е н е й д е с т р у к ц и и (рис. 21 и 22). Всякий разрушаемый денудацией материк обладает, в общем, ступенчато-поясным расположением фаций, последовательно от наиболее возвышенных участков материка к общему базису эрозии — морю. В этом же направлении возрастает прогрессивная степень измельчения продуктов разрушения.

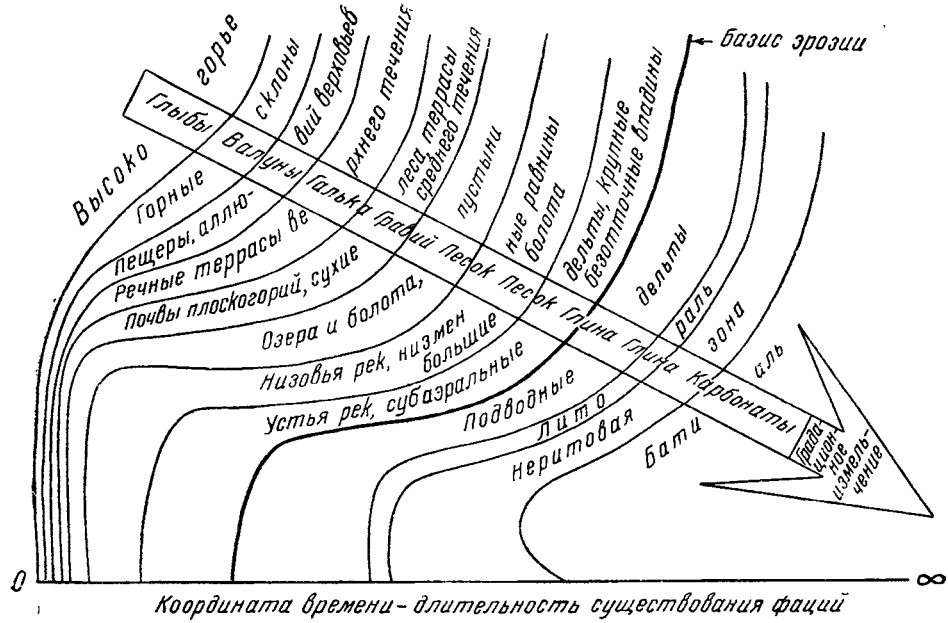


Рис. 22. Ступени деструкции.

В длительных процессах материковой денудации исчезают фации наиболее возвышенных областей и сохраняются те осадки, седиментационные обстановки которых располагались ближе к общему базису эрозии. Поэтому в каждый определенный отрезок времени существования материка более устойчивыми, а следовательно, и более длительными оказываются обстановки седиментации, по высоте расположения близкие к общему базису эрозии.

В идеальном случае совершенно равномерного возвышения материка от периферии к центру (сегмент шара) фации должны были бы обладать зонально-кольцевым, поясным расположением (рис. 21). В действительности, конечно, мы никогда не встречаемся с таким расположением ступеней деструкции, которые в соответствии с неравномерно возвышенной поверхностью материка распределяются прерывистыми полосами и пятнами (рис. 25).

Это правило имеет особенно ясное выражение для эпейрогенических эпох — длительных и широкораспространенных материковых поднятий. Таким образом, в формировании геологической летописи проявляются две основные закономерности, отбирающие осадочные продукты фаций, сохраняющихся во времени. Первая закономерность — это размеры

фаций, разделяющиеся для каждого уровня геологического времени на группу, сохраняющуюся в летописи,— ультрафации и группу, выпадающую из летописи,— инфрафации. Вторая закономерность определяет отбор фаций по ступеням деструкции, т. е. по их расположению относительно базиса эрозии с сохранением наиболее низко расположенных фаций. Нетрудно видеть, что обе закономерности являются выражением двух сторон одного и того же процесса. Размеры и долговечность существования фаций увеличиваются по мере приближения к базису эрозии, разнообразие типов осадков уменьшается вместе с увеличением степени измельчения продуктов разрушения. Например, тонкозернистые осадки в каждый данный момент в горной области осадконакопления являются

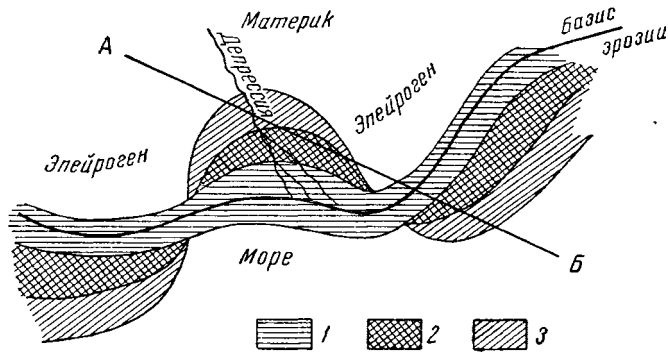


Рис. 23. Зоны сохранения континентальных осадков на участках с длительными поднятиями и погружениями.

1 — зона сохранения I; *2*— зона сохранения II; *3* — зона сохранения III.

инфрафациями, а сама горная область — ультрафацией, но в геологическом времени горная область со всей совокупностью своих осадков становится инфрафацией, а тонкозернистые осадки переходят в дельтовые ультрафации, наиболее близкие к базису эрозии, а потому и наиболее устойчивые во времени. Представление о ступенях деструкции, очень важное для литолеймономии и тафономии, точно отвечает взглядам других советских исследователей на образование отложений геологической летописи как на результат сложного взаимодействия противоположных процессов размыва и накопления, отложения и переноса. Наливкин (1933) всегда рассматривал фации как единицы определенного ландшафта земной поверхности. Еще ближе подошел к интересующим нас вопросам Попов (1947) в работе о зональной дифференциации фаций по ландшафтным поясам. Говоря о фазовой периодичности развития седиментации, Попов пишет (стр. 137): «Согласно стадийному принципу, каждый фациально-ландшафтный пояс отвечает одной из стадий развития осадкообразования, сменяющих друг друга по пути движения седиментационных потоков, которые стремятся под влиянием их энергии,— в первую очередь энергии рельефа, от наивысших точек последнего к наинизшим, базисным».

Основываясь на правиле ступеней деструкции, мы можем говорить о пространственных зонах преимущественного сохранения. Подобные зоны сохранения, как мы видели, располагаются вблизи базиса эрозии каждого конкретного периода денудации материка. Соответственно с периодичностью осадкообразования зоны сохранения осадков перемещаются, то вдаваясь глубоко в континент, то, наоборот, удаляясь от него в соответствии с общими тектоническими движениями данного участка земной поверхности (рис. 23 и 24). Устойчивые области опускания, в том

числе и обширные депрессии внутри материков, дают значительные расширения зон сохранения осадков, что немедленно отражается в резком увеличении числа сохранившихся остатков наземной флоры и фауны. Усиливающиеся поднятия ведут к сужению, сокращению зон сохранения, за исключением тех случаев, когда поднятиям соответствуют обширные зоны опускания внутри материка, как, например, предгорные впадины. В этом случае весьма быстро нагромождаются очень мощные толщи осадков, однако зачастую без органических остатков, как мы увидим далее.

При отсутствии широкого материкового шельфа в области берега у крупных дельт осадки континентального типа могут выдвигаться далеко в область развития неритовых отложений. В качестве примера можно привести известную подводную долину р. Конго, где сильные струи пресной воды заходят далеко в глубину моря и на значительное расстояние

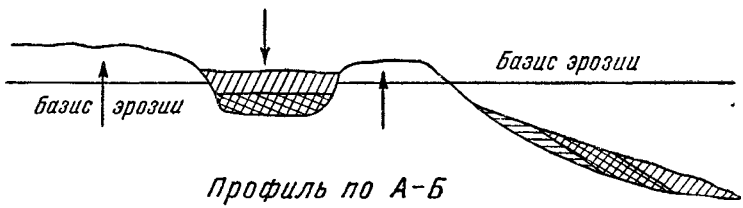


Рис. 24. Те же зоны сохранения в профиле.

от берега. Осадки континентального типа (насколько можно судить лишь по характеру зерна) в области дельты Конго заходят на несколько сот километров от берега и свыше километра в глубину. Еще можно вспомнить находки современных песчанистых отложений на очень больших глубинах, как, например, песок на дне Капской впадины на глубине около 5000 м или кварцевые гальки в Южной Атлантике на 4 км глубины. Повидимому далекое проникновение дельтовых осадков в море, особенно при значительных поднятиях материков, было не очень редким явлением, весьма способствовавшим сохранению этих осадков по своему положению в самых низких ступенях зон сохранения. Не исключена возможность, что многие обрывки осадков континентального характера в нижнем палеозое принадлежат именно таким, далеко выдвинувшимся в море участкам больших дельт.

Рассмотрим судьбы континентальных осадков любого древнего материка в свете изложенных выше сопоставлений. Нетрудно видеть, что ультрафациями, сохраняющимися в геологической летописи, будут как раз фации зон сохранения, т. е. осадки тех областей осадконакопления, которые располагаются у базиса эрозии. Таковыми в условиях континентального осадкообразования будут главным образом дельтовые осадки и осадки паралических болот, реже осадки крупных бессточных впадин, предгорных прогибов или аллювиальных равнин. От периодов мощных оледенений сохранятся остатки крупных моренных прибрежных поясов. Все более мелкие и разнообразные отложения субаэральной поверхности материка находятся вне зоны сохранения и выпадают, кроме того, как инфрафации, в более длительных отрезках геологического времени. Таким образом, область сноса или субаэральная поверхность древнего материка, как раз являющаяся областью обитания наземных животных, полностью выпадает из геологической летописи. От материка в геологической летописи остается пустота, окруженная поясом ультрафаций в зонах сохранения,— следовательно, низменных областей осадконакопления. Эти пояса ультрафаций, вернее, прерывистые участки зон

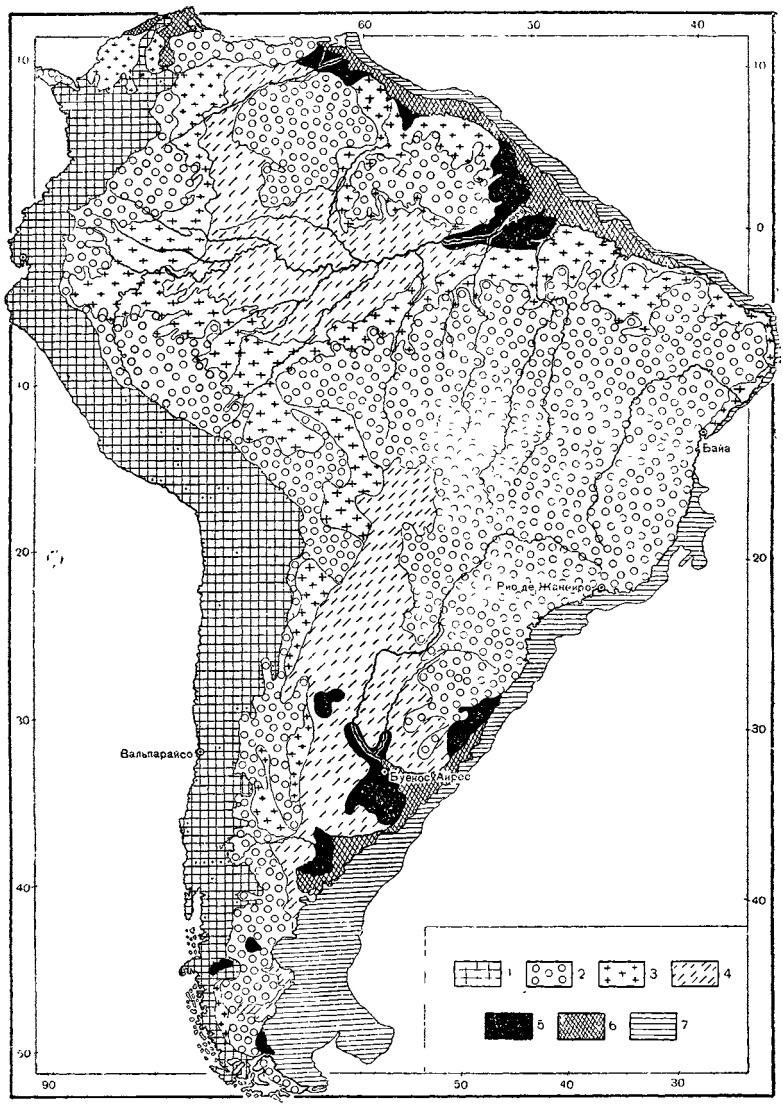


Рис. 25. Схема основных зон ультрафаций и инфрафаций и ступени деструкции на поверхности современного материка.

1 — инфрафации высокогорья — высшие и недолговечные ступени деструкции; *2*—инфрафации плоскогорий и высоких степей, также верховьев рек; ступени деструкции средней устойчивости; *3* — инфрафации областей осадконакопления на субаэральной поверхности материков — склоны долин, частью предгорные равнины и внутриматериковые низменности; *4* — наименьшие ультрафации затопляемых равнин, низовья рек, материковые впадины; *5* — ультрафации, еще принадлежащие к субаэральной поверхности материка: субаэральные части дельт, предгорные впадины, озерные бассейны в крупных областях опускания; *6* — ультрафации подводных частей дельт, прибрежных областей осадконакопления в зонах устойчивого опускания; *7* — области материкового шельфа, которые в условиях опускания сохраняют ультрафации дальних выносов материковых вод.

сохранения, совпавшие с ультрафациями древних материков, являются собственно теми отложениями, которые известны у нас под названием континентальных. Многие отложения, ранее считавшиеся пустынными или субаэральными, в последнее время относятся к дельтовым, по данным детальных работ по пермским красноцветам Приуралья (Пустовалов 1937), по происхождению пестрого песчаника (Brinkmann 1926), работы американских геологов, посвященные генезису осадков перми, карбона и девона (Barrel 1906, 1912, 1913, 1916; Branson 1912 и т. д.).

Твенхофел (1932) и Пустовалов (1940) очень проницательно указали, что древние осадочные толщи, относившиеся ранее к разным континентальным обстановкам, вероятно принадлежат дельтовой группе осадков. Закономерность сохранения осадков во времени безусловно подтверждает это предположение и показывает, что подавляющее большинство континентальных осадков, особенно палеозоя, должно относиться к дельтовым областям седиментации. Размеры современных дельт и длительность их существования также подтверждают отнесение дельт к крупным ультрафациям. По Твенхофелу, субаэральные равнины современных дельт занимают площадь не менее 1 290 000 км², а для подводных частей в совокупности более 5 000 000 км².

Для палеозоя от всего многообразия континентальных отложений материков остаются в геологической летописи лишь низменные зоны сохранения дельтовых и близких к ним типов осадков. Эти пояса являются в то же время поясами захоронения наземной флоры и фауны и, естественно, могут быть прерывистыми в зависимости от фактической ширины зон сохранения данного периода. Терригенные морские осадки литоральной и неритовой зон образуют внешний контур континентального пояса. Большое значение для сохранения во времени континентальных осадков имели крупные барьерные рифы. Они располагались на переломах гипсометрической кривой и создавали стены, преграждавшие путь далекому выносу дельтовых осадков при узких шельфах, а также сохраняли отложения от деструкции морем. Обширные площади нижнепермских красноцветов США связаны в своем образовании с барьерными рифами (Keyes 1937), равно как и пермские красноцветы Приуралья. Размеры барьерных рифов могут быть представлены из аналогии с современным Большим барьерным рифом Австралии, отложения которого занимают площадь свыше 205 000 км² (Saville 1893; Jong 1930).

В связи с уменьшением предельно-минимальных размеров ультрафаций в более молодых геологических периодах, внутренний контур пояса захоронения расширяется и заходит глубже в субаэральную поверхность материка. Так, для материков мезозоя фации сохранившихся в геологической летописи отложений вклиниваются в глубь материка по низовьям крупных рек и вообще значительным депрессиям. В кайнозое ультрафации заходят уже весьма значительно в глубь материков. Таким образом, можно сказать, что чем древнее материк, тем уже его зоны захоронения наземной фауны и тем ближе они находятся к базису эрозии.

От поясов континентальных ультрафаций материков кембрия мы имеем лишь ничтожные обрывки оконечностей дельт, выдвинутых глубоко в море. То же самое можно сказать про силур и лишь в девоне мы встречаем более значительные участки поясов континентальных ультрафаций. И от силура и от девона в них сохранились лишь подводные части дельт и область крупных тектонических депрессий вдоль каледонских возвышенностей, давших фации древнего красного песчаника.

Нетрудно видеть, что развитие геотектонических процессов формирует и определяет и размеры зон сохранения и характер поясов ультрафаций, тем самым непосредственно влияя на захоронение фауны.

В зависимости от резкости рельефа, размаха и скорости поднятий, наличия обширных и долговременных зон опускания, диаметры поясов ультрафаций древнейших материков то увеличиваются, то уменьшаются, амощность их, соответственно, то возрастает, то падает, отражая периоды усиленной денудации или более спокойного осадконакопления.

Само собою разумеется, что в поясах ультрафаций, сохранившихся от материков палеозоя, мы встречаемся не только с дельтовыми осадками, но с целым комплексом отложений, не связанных непосредственно с дельтами. Таковы лагунные и болотные эврилитемы девона и карбона, огромные затопленные равнины Карроо в перми. Однако общей объединяющей чертой палеозойских ультрафаций будет их расположение в низменных и краевых частях материков.

Повидимому, особенностью древнейших материков является развитие необычайно плоских берегов, отнюдь не сходных с современными шельфами, которые мы можем рассматривать как исполинские морские абразионные террасы, развивающиеся при высоком уровне материков с резкими берегами. Вдоль плоских берегов палеозойских материков развивались обширные пояса морского мелководья, с лагунно-болотными фациями, в основном солоноватоводными, но и с многочисленными струями пресных текучих вод, отлагавших осадки речного типа. Таким образом, и самые дельты древнейших рек часто не имели резкого разграничения от морской обстановки, растекаясь среди обширных приморских болот и лагун.

Для геологической летописи материков мезозоя и кайнозоя ультрафации менее связаны с низкими зонами сохранения в прибрежных областях. Гораздо бóльшая роль в формировании геологической летописи кайнозоя принадлежит типам ультрафаций, связанных с горными хребтами внутри материка и размещающихся в отрицательных элементах материкового рельефа. Таковы большинство третичных местонахождений, не считая залегающих в дельтовых и лагунно-морских слоях; из них наиболее характерны местонахождения, образовавшиеся на огромных аллювиальных равнинах (США и Белуджистан, частью Казахстан, Монголия) или же в предгорных впадинах, опять-таки непосредственно связанных с аллювиальными равнинами, как Сивалики.

Ультрафации типа кайнозойских Сиваликов находятся в прямой зависимости от высоты и интенсивности роста горных сооружений, с которыми они необходимо связаны. Чем выше горы, тем мощнее и шире распространение ультрафаций сиваликского типа. Не случайно, что Индийские Сивалики связаны с высочайшим горным хребтом мира — Гималаями. В этом же и отличие этих ультрафаций от более древних ультрафаций, связанных с горами, но располагавшихся на краю материков, уже в пределах моря. Повидимому, с дальнейшим геотектоническим развитием земной поверхности и появлением более резко противоположных морю материков (при изменившейся кривой земного рельефа) ультрафации палеозойского типа стали большой редкостью.

Вместилищем фоссилизованных органических остатков являются осадочные породы и поэтому судьба палеонтологических документов неотъемлемо связана с судьбой осадков во времени. Выше мы проследили общие особенности сохранения осадочных континентальных толщ в геологической летописи, показывающие, что остатки, захороненные и фоссилизованные в инфрафациях каждого определенного периода, не дойдут до нас, выпав из геологической летописи. Ультрафации, передающие нам палеонтологические документы, обладают большими площадями распространения и мощностью. Заключенные в них местонахождения должны обладать также значительными размерами, чтобы не затеряться

в огромных массах пород и иметь возможность вскрыться на современной субаэральной поверхности. Образование крупных местонахождений, несомненно, требует очень большой численности фауны или флоры, как это подробно будет рассмотрено далее. Равным образом, ультрафации, в особенности палеозоя, состоят из толщ, образовавшихся в областях, близких к базису эрозии, огромные площади которых остаются до сих пор погруженными под уровень моря или под мощные свиты морских напластований. Подобные погруженные участки хотя и не выпали из геологической летописи вообще и в дальнейших тектонических процессах могут быть вскрыты и доступны наблюдению, однако для современного уровня геологической летописи и, конечно, для суммы доступных нам фактов эти страницы пока нужно также считать выпавшими.

Изложенные предпосылки приводят нас к следующим заключениям.

1. Деструкция и выпадение из геологической летописи инфрафаций обусловливают выпадение из летописи огромного числа остатков фауны и флоры, захоронившихся в этих фациях. Особенное значение это имеет для наземной флоры и фауны. Для палеозоя почти все фации субаэральной поверхности являются инфрафациями. В мезозое также преобладающая часть субаэральной поверхности материка есть область развития инфрафаций, и только в кайнозое ультрафации занимают значительные участки материковой поверхности. Поэтому в качестве общей закономерности можно принять выпадение из летописи очень значительной части наземной фауны и флоры для палеозоя, меньшей для мезозоя и еще меньшей для кайнозоя.

2. Поиски фауны и флоры в древних толщах путем поисков отложений, теоретически могущих сохранить органические остатки, но принадлежащих к другим, не преобладающим типам фаций, практически бесполезны.

3. Ультрафации материков палеозоя относятся к однотипной в основных чертах области наземного материкового прибрежья с определенным характером флоры. Захороненные в них остатки животных в основном отражают только население низменных областей. Фауна (и флора), обитающая внутри материка, попадает сюда лишь случайно, в виде редких остатков животных, которые на самом деле имели огромную численность индивидов. Эти остатки фауны и флоры, поступающие из внутренних областей материка, в большинстве случаев рассеиваются в массах осадков ультрафаций и выпадают из нашего поля зрения. В эпохи усиления сноса возможны учащенные захоронения фауны внутриматериковых районов, однако также в виде отдельных отрывочных остатков, так как дальность переноса обусловливает разрушение остатков. Те редкие случаи, когда остатки фауны и флоры инфрафаций попадают непосредственно в местонахождение в ультрафациях и, таким образом, сохраняются во времени и доступны для изучения, разумеется, ни в какой мере не могут отобразить многообразия и численности обитавших в областях инфрафаций форм. Ультрафации сами по себе дают довольно верное отражение наземной флоры и фауны, обитавших в зоне распространения областей осадконакопления этих фаций, поскольку условия сохранения накапливающихся осадков с органическими остатками здесь вполне благоприятны. Однако ввиду значительных масс осадков ультрафаций остатки животных и растений будут образовывать заметные местонахождения только в периоды большой численности форм, количественного расцвета фауны.

В дальнейших исследованиях местонахождений предстоит разрешить весьма важный вопрос о положении местонахождений внутри отдельных ультрафаций, иными словами, о распределении костеносных участков в массе «пустых» пород. В некоторых случаях максимальное количество органических остатков может совсем не совпадать с максимальной

мощностью, как, например, в случае ультрафаций предгорных впадин. Последние заполняются осадками нередко в условиях, не способствующих развитию высокой плотности населения. В качестве примера можно указать на современное захоронение в Алма-Атинской области Казахстана, где глубокое предгорье — «корыто» — к северу от Заилийского хребта, с накопившимися новейшими осадками мощностью свыше километра, находится в пустынной области с редким растительным и животным населением. К северу мощности резко убывают на другой стороне предгорного прогиба, и здесь же находится озеро Балхаш с дельтой крупной реки Или и многочисленным населением. Повидимому, в этом случае и в некоторых других, когда дельты рек находятся по другую сторону предгорных впадин, наиболее богатые местонахождения могут возникнуть в пределах сильно уменьшенных мощностей, на краю области накопления, а гораздо бóльшие массы рыхлых отложений могут совсем не иметь больших концентраций животных и растительных остатков. А. В. Хабаков очень удачно сопоставляет пример предгорной впадины Заилийского хребта с артинскими фациями нижней перми Западного Приуралья. И действительно, несмотря на очень большие мощности и ясно выраженный континентальный характер, в артинских отложениях мы почти не находим местонахождений наземной флоры и фауны, в то время как в гораздо менее мощных дельтовых отложениях несколько более позднего времени (медистые песчаники и т. п.), располагающихся дальше к западу, известно очень большое число местонахождений. Изложенное лишний раз свидетельствует о необходимости постоянного привлечения тектонического анализа для расшифровки костеносности ультрафаций.

4. Для познания собственно наземной флоры и фауны, особенно палеозоя, очень важны ультрафации внутренних материковых областей. Таковыми могут быть осадки крупных бессточных впадин. озер или предгорных прогибов у горных систем, располагавшихся внутри материка. Состав фауны и флоры во внутриматериковых ультрафациях может очень существенно отличаться от такового в низменных прибрежных ультрафациях несмотря на одновременность образования местонахождений.

В итоге рассмотрения литолеймономических особенностей сохранения осадочных толщ в геологической летописи нужно думать, что многообразие наземной жизни в древние геологические эпохи, начиная с верхнего палеозоя, было несравненно большим, чем это дается существующим фактическим материалом. Без сомнения, миллионы разнообразнейших форм наземных животных (и растений) выпали из геологической летописи в сложных процессах, грубо очерченных выше. Однако в палеонтологических исследованиях мы часто забываем о действительном соотношении известного нам ничтожного числа форм с подлинной наземной фауной прошлого. Если для третичного времени это соотношение не так уже мало, то для более древних периодов и, в особенности, для палеозоя число захороненных форм, в сравнении с действительной численностью фауны, нужно признать весьма малым.

При малой дробности стратиграфии континентальных толщ и затрудненности корреляции отдельных разрезов мы встречаемся с распространенным в геологических и палеонтологических представлениях явлением кажущегося уплощения перспективы времени (рис. 26). Это явление заключается в том, что отдельные горизонты, имеющие каждый определенное протяжение во времени, сливаются для нас в один, стратиграфически хорошо выраженный. Поэтому происходит сокращение или уплощение периода времени и вся фауна или флора, известная для этих горизонтов, как бы сгущается в один, характеризуя значительно более короткий отрезок времени. В результате получается кажущееся богатство форм,

на самом деле не существующее. Уплощение временной перспективы отмечается не только для незначительных стратиграфических подразделений, но и для целых периодов геологической истории. Когда мы анализируем, скажем, пермскую флору или наземную фауну Америки, СССР и Южной Африки, нас поражает обилие и разнообразие форм и богатство местонахождений. Однако, если разложить эту богатую флору на мелкие горизонты и напластования этого отдела пермского периода, общей длительностью в пятнадцать или двадцать миллионов лет, то станет совершенно ясно, что от каждого небольшого отрезка геологического времени, соответствующего примерно сотне или более поколений долговечных животных, нам останутся, в буквальном смысле слова, единичные формы с ничтожным числом особей.

Нельзя сомневаться, что с прогрессом геологии и палеонтологии, с повышением изученности число вновь открываемых форм будет неуклон-

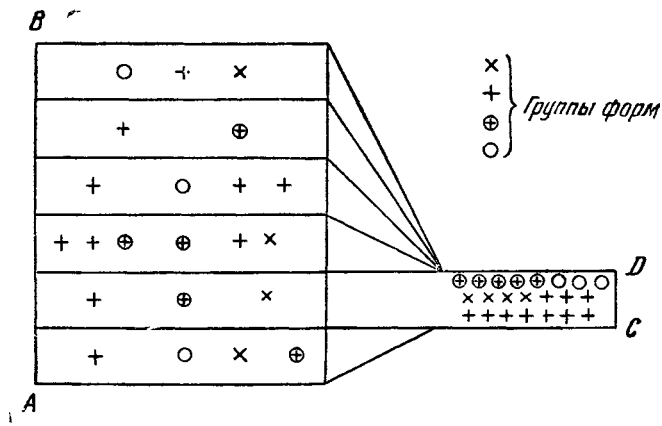


Рис. 26. Уплощение временной перспективы для древних фаун.
O — X — формы, *AB* — действительное время, *CD* — кажущееся время.

но возрастать. Быстрое увеличение наших знаний, хотя бы палеозойской континентальной фауны за последнее полустолетие, в этом смысле очень показательно.

На основании литолеймономического анализа и данных тафономии о причинах гибели и концентрации животных, равно как и по преобладанию типичных адаптаций, мы имеем основание надеяться дать ряд прогнозов о поисках местонахождений с формами, обитавшими в глубинах материков. Однако при повышении изученности земной поверхности вместе с открытием новых форм будут возрастать и площади вновь открываемых костеносных толщ. Поэтому общий характер соотношения, отмеченный выше, в принципе останется тем же самым. Прогресс наших поисков и раскопок фауны в будущем безусловно увеличит в десятки и сотни раз число ныне известных древних наземных форм. Об этом определенно говорят отмеченные выше особенности захоронения, учитывая которые, трудно представить себе действительно немые континентальные толщи. Однако те же особенности показывают, что при таком прогрессе изучения увеличение числа форм в геологической летописи произойдет за счет еще не открытых местонахождений, так сказать запасов, которые хранятся в большом количестве в неисследованных или невскрытых толщах. Огромная же, нацело выпавшая часть фауны палеозоя навсегда исчезла из поля нашего зрения, и возросшая степень изученности сможет изменить лишь некий коэффициент числа найденных форм, который

сейчас чрезвычайно низок. Общая же закономерность выпадения подавляющей части фауны, разумеется, останется той же самой.

По существу дела, вся картина той или иной ископаемой «фауны» наземных позвоночных для какой-либо крупной области представляет собою только сумму содержимого определенных, преобладавших (и сохранявшихся) в этой области фаций. Иными словами, сохранившаяся «фауна» в своем составе и количестве целиком определена характером геологических процессов в данной области в данный отрезок времени.

Только так и нужно рассматривать «фауны», которые предстают перед нами из геологической летописи. Так, например, преобладание речных или сухопутных форм в данной «фауне» еще не обозначает непосредственно их действительного преобладания и может быть обязано только определенному набору костесодержащих фаций, или сохранившихся от разрушения или единственно пригодных для захоронения и фоссилизации остатков животных.

Помимо общих закономерностей выпадения во времени определенных типов осадков (и фаций), составляющих, так сказать, крупный план формирования ископаемых «фаун», для образования геологической летописи очень важными являются процессы непосредственного перехода органических остатков из биосферы в литосферу. К рассмотрению этих процессов я и перехожу в следующей главе.

ГЛАВА IV

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ НАЗЕМНОЙ ФАУНЫ И ФЛОРЫ

Основным содержанием процесса образования любого местонахождения нужно считать превращение органических остатков из компонентов биосферы в компоненты литосферы. Продукты биосферы, переходя в литосферу, становятся членами минеральных ассоциаций осадочных пород и в качестве таковых подчиняются всем закономерностям и дальнейшим судьбам процессов литосферы. Самый переход остатков биосферы в литосферу мы и называем захоронением.

Для понимания особенностей захоронения органических остатков в осадочных отложениях имеет первостепенное значение то обстоятельство, что размеры захороняемых органических объектов крайне не соответствуют размерам кластических частиц осадка. Поэтому в обычной обстановке седиментации для более или менее значительных остатков наземных животных и растений не имеется возможности проникнуть через могущественный фильтр, вернее сито, размеров кластических частиц распространенных типов осадочных пород (кстати — типов, единственно обеспечивающих сохранность органических остатков).

Условия, в которых органические остатки проникают сквозь фильтр механогенеза кластических осадков, могут быть сведены к следующим основным:

1. Размеры органических частиц совпадают в объемном и весовом отношении с размерами частиц распространенных осадков, скажем, песков и глин. В этом случае в осадках захороняются только чрезвычайно мелкие органические остатки, которые, однако, должны встречаться почти в каждой обычной осадочной породе. Действительно, «частота встречаемости» таких местонахождений, как местонахождение спор растений, фораминифер, диатомей и другой микрофауны, очень велика и совершенно не соответствует местонахождениям крупных форм.

2. Другие объекты захоронения — кости и скелеты позвоночных, стволы и ветви растений — очень значительно превосходят в объемном и весовом отношениях частицы тех осадков, в которых они могут сохраниться (ибо в очень грубозернистом осадке они будут перетерты). Поэтому ясно, что захоронение подобных остатков не может быть постоянным и частота встречаемости таких местонахождений не должна быть большой. Захоронение крупных остатков требует особых условий, чтобы они могли проникнуть в процесс механогенеза осаждаемой породы и тем самым сделаться ее частицами.

Указанные предпосылки являются общими для всех вообще местонахождений. Крупные органические остатки (как остаточная тяжелая

фракция водных выносов) обычно задерживаются в областях сноса, и не попадают в области осадконакопления, а подвергаются неизбежному разрушению.

Весь процесс образования местонахождения распадается на три последовательных этапа (рис. 27). Первый по времени этап заключается в тех процессах биосферы, которые подготовляют продукты биосферы к захоронению. Вторым этапом является собственно захоронение как совокупность процессов, переносящих органические остатки из пределов биосферы в литосферу, точнее в жидкие нелитифицированные осадки. Третий, заключительный этап есть фоссилизация органических остатков, совпадающая с процессом литификации (диагенеза) породы и сама являющаяся его результатом. Все три перечисленных этапа должны следовать один за другим без сколько-нибудь заметных промежутков времени. Это необходимое совпадение во времени всех трех основных этапов образования местонахождения является причиной сравнительной редкости подобных, переходных от биосферы к литосфере, явлений. Совершенно очевидно, что если накопившиеся в биосфере остатки животных не будут достаточно быстро захоронены в подводных осадках, то их ждет неизбежное разрушение биогенными и общими субаэральными агентами. Равным образом, если остатки, уже захороненные в жидких осадках, не будут фоссилизованы, т. е. их органическое вещество не будет быстро замещено минеральным, то наступит растворение и уничтожение уже захороненных остатков. Исходя из наблюдений над деструкцией органических остатков на субаэральной поверхности и в жидких современных осадках или под водой, мы можем утверждать, что промежуток времени между первым и вторым этапом образования местонахождения должен быть значительно меньше, чем промежуток между вторым и третьим этапом (рис. 27). Иными словами, если для полного разрушения остатков животных на субаэральной поверхности, в зависимости от климата, потребуется от одного года до нескольких лет, то для такого же разрушения остатков, захороненных под водой или в жидких осадках, нужно будет значительно большее время. Однако зачастую и подводное разрушение остатков было очень быстрым; например, работы Хехта (Hecht 1933) показывают чрезвычайно быстрое разрушение животных остатков в условиях морского захоронения под водой. Нужно думать, что в пресноводных фациях скорость разрушения осадков не меньшая.

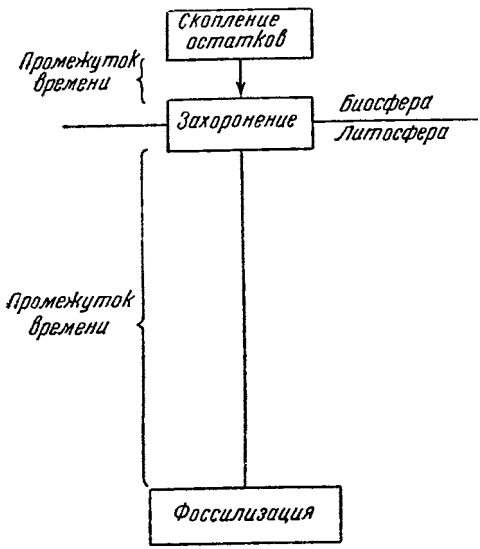


Рис. 27. Основные этапы образования местонахождений.

Необходимость последовательных совпадений, разобранная нами выше, для образования местонахождения определяет еще одну причину выпадения наземных форм из геологической летописи. Кроме того, каждый этап генезиса местонахождения обладает еще специфически отбирающей способностью. Отбирающий характер процессов образования местонахождения,

называемый мною выборочностью захоронения, и заключается в том, что последовательное действие факторов всех трех этапов, формирующих местонахождение, определяет состав фауны и флоры, захороненной в местонахождении. Таким образом, в каждом местонахождении мы встречаемся с составом фауны, отражающим не столько подлинную фауну данной области и данного времени, сколько процессы, создавшие местонахождение. Каждый этап формообразования местонахождения обладает, так сказать, своими решетками, пропускающими одни остатки и уничтожающими другие. Если для первого этапа решающими являются факторы биологические, то для второго решающими будут физико-механические факторы, а для третьего — химические.

Выборочность захоронения в целом — очень важное явление, искажающее наши представления о подлинных наземных фаунах древних геологических эпох и тем более о взаимоотношениях древних организмов между собою. Некоторые закономерности, определяющие выборочный характер захоронения, будут рассмотрены ниже при описании отдельных этапов формирования местонахождений.

Для морской фауны основные этапы образования местонахождений имеют существенно иной характер. Первый этап накопления остатков в биосфере почти совсем сливается со вторым этапом, и массовая субаэральная деструкция между ними выпадает. С другой стороны, зачастую отпадает необходимость в переносе остатков в область седиментации, передвижение из биосферы в литосферу. Образно говоря, литосфера сама покрывает данный участок биосферы, погружающийся в осадочную толщу без значительного пространственного перемещения. Возможность такого хода процессов захоронения определяет несравненно бо́льшую полноту состава фауны морских местонахождений и снимает многие решетки выборочности захоронения. Сказанное наиболее верно для неподвижной донной морской фауны. Биоценозы подвижных форм уже не подчиняются этому правилу полностью. В то же время неподвижность фауны, создавая благоприятные условия для полноты сохранения остатков, ограничивает разнообразие и ареал попадающей в захоронение фауны до минимума.

1. Биологические факторы образования местонахождений

Первым этапом образования местонахождений является накопление органических остатков — продуктов биосферы. Причины накопления возникают в результате процессов, происходящих в биосфере,— таким образом, весь первый этап определяется закономерностями динамики животного и растительного населения данного отрезка времени. Мы рассмотрим только факторы, действующие для животного мира, поскольку закономерности накопления остатков флоры для неподвижных растительных ассоциаций проще и более изучены, например, в исследованиях по генезису каустобиолитов. Динамика наземного животного мира в современных условиях изучена еще чрезвычайно слабо. Не подлежит никакому сомнению, что общие закономерности колебания численности, массовой смертности и других факторов, определяющих динамику стада животных, имеют первостепенное значение для тафономии. Однако соответствующий материал, накопленный подобными, еще только начавшими развиваться исследованиями, слишком незначителен и еще не может быть с достоверностью применен для анализа закономерностей биотического этапа образования местонахождений. Это дело будущих исследований. В нашем рассмотрении мы ограничимся общим изложением факторов, визуально наблюдаемых в биосфере прошлого и настоящего, не вдаваясь в исследование причин, их вызвавших.

Существенным отличием наземной фауны от морской или вообще водной, в смысле захоронения ее остатков, будет обитание фауны в области сноса, или в области весьма недолговечных инфрафаций. Поэтому остатки наземной фауны, как правило, подвергаются энергичному разложению биогенными факторами и общей субаэральной деструкцией и захороняются лишь в виде исключения. С другой стороны, наземная фауна составлена исключительно из свободно передвигающихся по поверхности суши организмов. Передвигающиеся скопления наземных организмов, даже в случае значительной смертности, дают рассеяние остатков на субаэральной поверхности. Даже в том случае, если эти рассеянные остатки попадут в захоронение, то, будучи представлены единичными экземплярами, неминуемо рассеются в огромных массах осадков ультрафаций и практически исчезнут. Очевидно, что для создания скоплений остатков, численно достаточных для образования местонахождений, нужна концентрация животных остатков в пределах биосферы. Концентрация животных остатков и есть необходимая первая ступень создания всякого местонахождения.

Условия образования концентрации животных остатков довольно разнообразны, но, как правило, исходной точкой всех этих условий служит большая численность индивидов в той или иной местности. Из этого явствует, что значительные концентрации остатков могут получиться только в фаунах, достигших большого количественного расцвета, фаунах преуспевающих или мигрирующих. В составе любой фауны мы встречаем формы с различной численностью индивидов, есть формы весьма редкие и формы, весьма часто встречающиеся. Создавшаяся в фауне концентрация животных остатков будет составлена из форм с большой численностью особей, могущих дать такое скопление. Формы редкие, с малой численностью индивидов, концентраций не дадут и выпадут из захоронения с самых первых шагов образования местонахождения. Таким образом, выборочность захоронения начинается с первого же подготовительного, так сказать, процесса образования скоплений остатков фауны. Фауны, разнообразные по своему составу, но немногочисленные по количеству особей, могут совсем не дать концентраций животных остатков, достаточных для образования местонахождений, и, следовательно, выпасть из геологической летописи.

Вторым фактором образования концентраций животных остатков, сопряженным с общей численностью индивидов, является плотность населения. Повышенная плотность есть благоприятный фактор для образования скоплений остатков. Редкое население может не попадать в захоронение несмотря на длительную заселенность какой-нибудь большой площади. Как известно, формы плодовитые и недолговечные отличаются повышенной плотностью населения и, следовательно, могут преимущественно попадать в захоронение. Формы долговечные и малоплодовитые имеют малую плотность населения и, попадая в захоронение с гораздо большим трудом, определяют еще одну возможность искажения подлинного состава фауны в местонахождении. В основе образования концентраций животных остатков для свободно передвигающихся наземных форм, остатки которых обычно рассеиваются по субаэральной поверхности материка, лежат две главные причины с многочисленными вариациями, в зависимости от бесконечного разнообразия процессов биосферы. Первая причина — массовая гибель животных, как мы увидим далее, отнюдь не связана с катастрофами в виде резких геологических переворотов, катаклизмов, как это представлялось ранее и, зачастую, в скрытом виде отражено в современных представлениях. Катастрофы, несущие массовую гибель животных, в подавляющем большинстве случаев являются тако-

выми только для определенных биоценозов или областей, населенных фауной, и отнюдь не имеют повсеместного, универсального значения. К явлениям этого типа принадлежат, например, эпизоотии, периодические наводнения в низменных областях, высыхание водоемов, засасывающие болота, неожиданные снеговые бури и так далее. Зачастую стечение обстоятельств, гибельное для некоторых форм определенного биоценоза, совершенно не затрагивает остальных членов этого биоценоза. В качестве примера можно привести колоссальную эпизоотию антилоп в Восточной и Южной Африке, уничтожившую во второй половине прошлого века многие миллионы особей, но совсем не затронувшую носорогов, слонов и других членов биоценоза саванн Африки (Elton 1931). Затопления в зимние периоды низменных областей бассейна Амазонки и Ориноко в Южной Америке, или Лимпопо и Конго в Африке несут массовую гибель мелким членам фауны или молодняку, не трогая крупных форм. Подобных примеров избирательного значения катастроф массовой гибели наземных животных можно привести очень много (Weigelt 1927; Zeličko 1936). Для биоценозов с высокой численностью особей периодическое наступление массовой гибели, вследствие голода и эпизоотий, вообще закономерно и является одним из факторов, регулирующих биотическое равновесие (Nicholson 1933; Северцов 1941). Второй причиной создания концентраций остатков наземной фауны является постепенное накопление остатков, в случае долговременного существования соответствующих условий, в озерах, болотах или дельтах рек, куда в течение очень длительных промежутков времени могут приноситься остатки животных. Постепенное накопление остатков (в количестве, достаточном для образования местонахождения), вообще, встречается реже массовой гибели, но на протяжении длительных геологических периодов все же часто имело место. Нетрудно видеть, что количество животных остатков, нужное для образования местонахождения в инфрафации, может быть значительно меньшим, чем в ультрафации. Действительно, для верхнего кайнозоя и четвертичного периода мы имеем очень большое число таких малых местонахождений. Поэтому в более молодых геологических периодах постепенное накопление животных остатков приобретает все большее значение, так как все меньшее количество остатков требуется для образования заметных нам местонахождений в мелких инфрафациях (рис. 28).

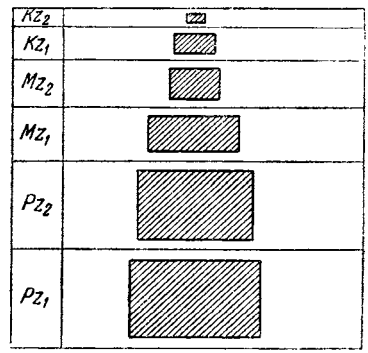


Рис. 28. Диаграмма относительных размеров скоплений органических остатков, необходимых для образования местонахождений в разные геологические эпохи.

Каковы бы ни были причины, лежащие в основе образования скоплений животных остатков, и как велики бы ни были подобные концентрации, деструкция органических остатков будет неизбежной, если данная концентрация не находится в области крупной седиментации или поблизости от нее. Если скопление животных остатков образовалось в пределах седиментационной обстановки ультрафации или, по крайней мере, это скопление может быть вынесено туда достаточно быстро, чтобы избежать деструкции при выветривании и деструкции при переносе,— начинается второй этап образования местонахождений (рис. 29). Нельзя забывать, что всякое местонахождение наземных форм образовано в условиях, заведомо чуждых обстановке жизни данных форм. Все без исключения местонахождения наземной фауны (и флоры) являются, по старой

терминологии, танатоценозами (Wasmund 1926). Поэтому всякое скопление животных остатков, подготовленное процессами биосферы к захоронению, включает как необходимое понятие — смерть. Смерть является тем фактором, который в случае наличия концентрации живых животных в данном месте фиксирует скопление, завершая первый этап образования местонахождений.

Для форм водной адаптации, могущих обитать непосредственно в обстановке седиментации, смерть является фактором, как бы оставляющим их в этой обстановке и исключающим возможность ухода из области захоронения. Поэтому концентрации водных форм не нуждаются в обязательном, для вполне наземных, факторе выноса остатков в седиментационную обстановку. Однако все остальные условия остаются в силе и в этом случае. По указанным обстоятельствам случаи постепенного накоп-

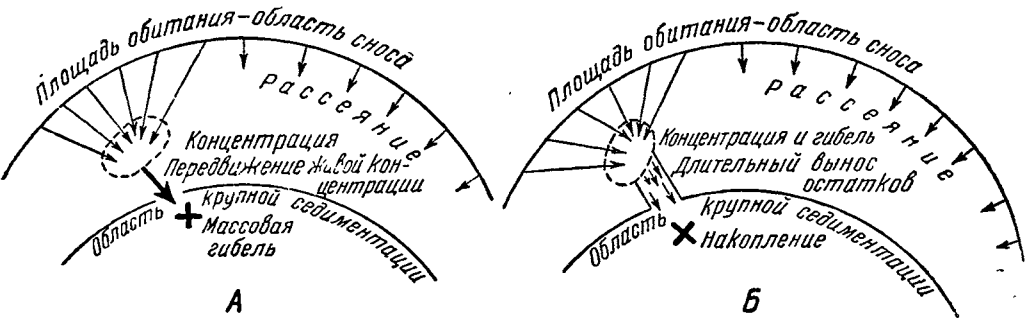


Рис. 29. Биологические факторы образования местонахождений.

А — танатоценоз и тафоценоз при массовой гибели; *Б* — то же при постепенном накоплении остатков.

ления остатков для водных форм могут встречаться гораздо более часто. По тем же причинам, представители водных или тяготеющих к воде адаптаций животного мира материков должны значительно чаще попадать в захоронение и чаще образовывать местонахождения.

Биологические факторы образования местонахождений наземной флоры имеют несколько иной характер. Все общие предпосылки рассеяния остатков и необходимости большой численности и плотности населения имеют ту же силу. Однако концентрации живых растительных форм неподвижны и поэтому возможность попадания массовых и полных остатков в седиментационные условия ультрафаций ограничена. Если растительная концентрация сама находится в ультрафации, то из нее может образоваться мощное местонахождение, гораздо более полно отражающее местный состав флоры, чем мы это имеем в танатоценозах захороненной фауны. В этом отношении условия захоронения флоры приближаются к условиям захоронения морской фауны. Однако скопления флоры вне седиментационных условий ультрафаций, в инфрафациях, доходят оттуда в ультрафации в сильно поврежденном и неполном состоянии, поскольку возможности случайного передвижения в биосфере к областям ультрафаций исключены для растений. Поэтому материковая флора из областей инфрафаций известна в геологической летописи значительно хуже фауны, с гораздо меньшей полнотой остатков, в особенности для палеозоя и мезозоя. В верхнем мезозое и кайнозое при очень большом сходстве с современной флорой, даже по незначительным остаткам, имеется возможность представить себе общий облик растения, почему и получается кажущаяся полнота летописи.

Изложенные выше биологические факторы образования местонахождений наземной фауны, разумеется, не могут претендовать даже на приблизительную полноту. Задачей нашего исследования было показать общий план процессов, действующих со стороны биосферы, и тем самым наметить пути для дальнейших исследований в этой области. Некоторые важнейшие следствия основных биологических факторов будут очерчены нами в разделе общих выводов о факторах образования местонахождений.

2. Главные факторы процессов захоронения

Второй этап образования местонахождений — захоронение накапливающихся органических остатков — в сущности совпадает с процессом седиментации. Преобразования умерших животных и растительных организмов на пути к месту отложения осадка составляют основу влияния условий захоронения на состав отлагавшейся в местонахождении фауны и, следовательно, на полноту геологической летописи. В процессе захоронения органические остатки являются частью отлагаемого осадка и подчиняются всем закономерностям седиментации кластических пород. Поэтому изучение пород, слагающих местонахождение, равно как и общих генетических данных костеносной толщи в целом, дает нам факты, позволяющие восстановить наиболее характерные черты данного захоронения. Сопряженное изучение распределения остатков внутри пласта, размеров и характера истирания органических остатков, короче говоря, совокупность черт состояния остатков флоры и фауны в местонахождении до фоссилизации, вскрывает характер преобразований первичного скопления животных остатков (танатоценоза) и, вместе с данными изучения пород местонахождения, дает картину генезиса «фауны», т. е. тафоценоза (Quenstedt 1931), остатки которой захоронены в местонахождении.

Важнейшим фактором захоронения, определяющим состав органических остатков, являются гидродинамические закономерности переноса осадков. Для передвижения любой механической частицы в потоке движущейся воды нужна определенная скорость ее движения, так называемая сила потока. Чем крупнее передвигаемые частицы, тем больше должна быть скорость потока и, наоборот, легкие мельчайшие частицы передвигаются при очень замедленном, едва заметном движении воды. В гидравлике и ее применении в изучении осадкообразования вычислены и приведены в достаточную ясность все соотношения между скоростью потока, весом и размерами передвигаемых частиц. Эти соотношения остаются верными для всех геологических периодов истории наземной жизни, поскольку плотность воды и сила земного тяготения — основные слагающие гидромеханики осадков — были теми же самыми и в удаленном геологическом прошлом. Зная удельный вес частицы и ее размеры, мы можем определить силу отлагавшего ее потока. Для тафономии здесь имеет огромное значение крайне резко выраженная избирательность гидродинамических процессов отложения осадка. Эта гидродинамическая выборочность захоронения определяет состав фауны в местонахождениях и вообще в данной области накопления осадков. Действительно, поток некоторой определенной силы оставит несдвинутыми все те частицы, вес которых превосходит несущую силу потока, отложит передвигаемые им частицы в месте какого-нибудь замедления его скорости и вынесет нацело все более легкие, свободно передвигаемые и при меньшей скорости движения воды. Таким образом, передвигаемый любым потоком материал естественно рассортируется по трем основным зонам в случае некоего

потока постоянной или, точнее, слабо убывающей силы (рис. 30). Верхнюю часть потока займет область сноса, в которой останутся все крупные частицы, не могущие быть передвинутыми потоком данной силы. Кости и черепа особенно крупных форм также останутся на месте, и в передвигаемый потоком материал попадут только обломки подвергшихся деструкции остатков этих форм. В области захоронения, в средней или нижней части потока, расположится основной материал, отложенный в дан-

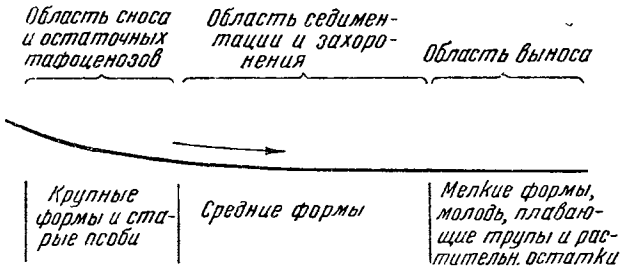


Рис. 30. Основные зоны гидродинамической выборочности тафоценоза.

ной области седиментации. Все мелкие органические остатки, вес которых будет недостаточен для того, чтобы задержаться в этой седиментационной обстановке, подвергнутся выносу вдаль, зачастую вообще вне области

Рис. 31. Гидродинамическая выборочность захоронения по дальности переноса.

седиментации. Остатки, обладающие большим запасом плавучести, как, например, плавающие трупы, древесные стволы и другие растительные остатки, могут быть перенесены при любой бесконечно малой силе потока. В грубо схематичном выражении любой поток, переносящий скопление органических остатков, сразу же разделит весь материал на три основные категории: 1) остающуюся на месте, слишком тяжелую; 2) среднюю, осаждаемую в области седиментации, свойственной данному потоку, и 3) легкую или плавучую, выносимую за пределы области седиментации. Если мы представим себе скопление животных остатков, составленное из костей крупных, средних и мелких форм, то очевидно, что в первичной сортировке потока остатки крупных форм останутся на месте, не попадут в захоронение и будут разрушены, мелкие кости небольших форм будут вынесены из области седиментации и также не попадут в захоронение. В обстановке седиментации останутся преимущественно остатки форм некоей средней величины и состав фауны в образовавшемся этим путем местонахождении будет поражать нас однозначной величиной форм или особей.

Мы разобрали схему воздействия на состав захоронений фауны в отрезке потока приблизительно одинаковой, слегка убывающей в области седиментации, скорости. На самом деле, сила любого водного потока убывает постепенно или скачкообразно по мере приближения к базису эрозии. Поэтому в таком потоке передвигаемые механические частицы будут осаждаться постепенно и зонально, от наиболее крупных в верхнем течении к наиболее мелким у базиса эрозии. Схема выборочности захоронения животных остатков в таком потоке представлена на рис. 31.

Каждый поток в любом отрезке своего течения не обладает одинаковой скоростью воды во всем поперечном сечении. В любом потоке мы наблюдаем наличие струй разной силы (скорости). Так, скорость у берегов будет меньше скорости на фарватере реки, донная и поверхностная скорости течения также будут различны. Чем больше водная масса потока и чем меньше средняя скорость его течения, тем большее число струй разной скорости мы наблюдаем в таком потоке. Иными словами, в крупных водных артериях, поблизости от базиса эрозии отмечается большое количество струй разной силы. Таким образом, и в поперечном сечении потока могут создаваться различные условия переноса осадков, что мы повсеместно и наблюдаем в настоящее время. Следовательно, выборочность захоронения зависит и от силы различных струй внутри потока (рис. 32), соответственно распределению которых отлагается осадочный материал и подбираются органические остатки. В обширных потоках, особенно в дельтовых областях и при разливах, могут создаваться значительные скопления органических остатков, выборочно сгруппированных соответственно скорости крупных струй в пределах одного и того же отрезка потока в целом и, следовательно, в пределах одной и той же зоны осаждения данного потока.

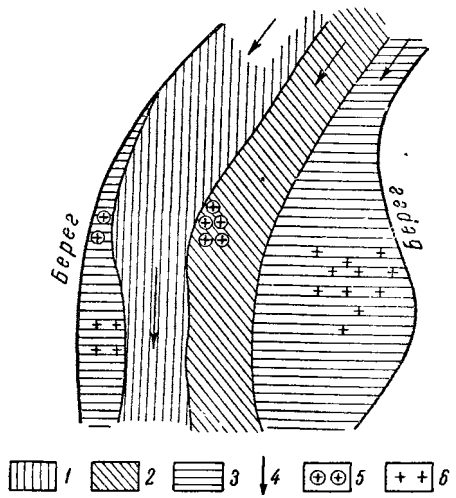


Рис. 32. Поперечное в отношении оси потока распределение остатков по силе струй.
1 — струя наибольшей силы; *2* — струя средней силы, *3* — струя наименьшей силы; *4* — вынос, *5* — крупные остатки; *6* — мелкие остатки.

Все перечисленные особенности гидродинамического передвижения органических остатков действительны для случаев передвижения по дну волочением. При этом способе транспортировки передвигаемые частицы или перекатываются по дну, или двигаются скачкообразно, то опускаясь на дно, то снова приподнимаясь более сильной струей. Исследования Эри показали, что масса твердых тел, передвигаемых по дну волочением, прямо пропорциональна шестой степени скорости течения. Таким образом, даже незаметное возрастание силы потока резко увеличивает размеры передвигаемых частиц. Разные скорости потока у самого дна и на некоторой высоте над дном создают разнообразные условия передвижения материала, благодаря чему более крупные частицы могут передвигаться, в то время как мелкий материал на самом дне остается в покое. Для органических остатков, с их малым удельным весом в неминерализованном состоянии, соотносительная потеря веса по закону Архимеда при нахождении под водой должна быть весьма значительной.

Поэтому кости и другие животные остатки, не говоря уже о растительности, могут быть крупнее минеральных частиц, переносимых потоком, что в действительности и наблюдается. Между свежими остатками животных и более сильно разложившимися мы будем наблюдать разницу в требуемых для переноса скоростях потока. Так, кости, очень мало находившиеся на воздухе и под солнцем, при сохранении костного жира будут обладать меньшим удельным весом, чем кости с разрушенным органическим веществом. Растительные остатки, наоборот, при высыхании обладают очень высокой пловучестью. Для мало разложившихся животных остатков и для большей части растительных огромное значение имеет перенос во взвешенном состоянии в виде плавающих трупов, стволов, пловучих островов и т. д. Перенос в плавающем состоянии может производиться при любой силе потока и быть весьма далеким. Предел дальности определяется скоростью разложения трупов и растительных остатков, на поздних стадиях которого происходит погружение трупов на дно потока. После этого, если сила потока еще значительна, происходит дальнейшее передвижение волочением и постепенное разрознивание скелетов с распределением по весу отдельных элементов. Если скорость потока уже очень сильно упала, как, например, в дельтовой области, то трупы или скопления различных остатков остаются на дне и попадают в захоронение, погребаясь в осадках.

Другим не менее важным фактором в процессах захоронения является дальность переноса, определяющая состояние органических остатков. При дальнем переносе волочением органические остатки окатываются, истираются и в то же время подвергаются растворению. Далекий перенос приводит зачастую к полной деструкции органических остатков. Однако, как мы видели, для дальности переноса остатков в пловучем состоянии имеет значение степень разложения органических остатков. Поэтому мы можем сказать, что в ряде случаев дальность переноса зависит от состояния органических остатков, попавших в поток.

Примеры необыкновенно далекого переноса плавающих тел нередко наблюдаются в настоящее время в виде выноса в море растительных островов и лесных завалов на реках. По Крюммелю (Krümmel 1912), при глубоководных исследованиях в Караибском море и у тихоокеанского побережья Америки в гемипелагических осадках были найдены ветви, стволы и плоды деревьев. Также очень интересны находки сплавленного морем японского леса у берегов Аляски и сибирского у берегов Исландии. Если такие остатки при этом находятся еще в песчаных осадках, то могут послужить источником грубейших ошибок в определении характера отложений (Berry 1922).

Еще более опасные ошибки могут быть следствием излишнего, некритического доверия к фактам нахождения пыльцы растений в необычной обстановке: как показали точные наблюдения, пыльца современных древесных пород может заноситься ветром в больших количествах в районы высоких арктических широт, покрывая большие пространства льдов и тундр.

Общий для целых областей материков ход процессов захоронения наземной фауны водными потоками претерпевал периодические изменения, отражавшиеся в геологической летописи путем преобладания того или другого типа захоронения. В периоды усиленной эпейрогении (диастрофические периоды) преобладали повышенные скорости водных потоков, быстрые нагромождения менее тщательно отсортированного материала и, следовательно, повышенная скорость захоронения. Спокойные периоды существования низких, сильно пенепленизованных материков отличались медленным течением водных потоков, замедленным осадко-

накоплением более тонких осадков и медленностью захоронения. Всякая пульсация силы потоков неизбежно отражается на захоронении в виде перемещения зон отложения остатков, как в аксиальном (по направлению течения) направлении, так и в поперечном, соответственно латеральному блужданию переносящих струй.

Изменения общего хода процессов второго этапа образования местонахождений отражались и на составе захороненной фауны как в отношении попадания скоплений биосферы в условия захоронения, так и в процессах переноса и отложения. Поэтому характер выборочности процессов захоронения в общем (для целой области) плане в периоды орогенеза и покойные периоды был различен, что отражалось на фаунистическом составе местонахождений периода покоя и периода диастрофизма.

Рассмотренные основные закономерности распределения органических остатков в водных потоках представляют важнейшую группу явлений захоронения наземной фауны, поскольку подавляющее большинство местонахождений образовано водной седиментацией. Для мелких летающих форм, например насекомых, или, гораздо реже, некоторых птиц, фактором переноса и заодно фактором массовой гибели могут быть воздушные потоки. Энергия ветра при скоростях больших 11 м/сек. достаточна для далекого переноса легких организмов. Огромные стаи насекомых или птиц уносятся сильным ветром из области своего обитания и в случае попадания в воду образуют в результате массовой гибели крупные скопления остатков, попадающих в захоронение. Ветер как фактор захоронения имеет большое значение именно для насекомых, также для спор, пыльцы и семян растений, менее для листьев, но для других остатков наземной фауны и флоры роль ветра сводится к минимуму. Во всяком случае захоронение наземных животных, кроме насекомых, при помощи ветра — явление редкое, даже для птиц.

Равным образом, я не буду приводить здесь примеров других возможных факторов захоронения, как, например, перенос органических остатков при помощи льда. Перенос разрозненных органических остатков льдом нередко имеет место, но эти отдельные случаи не носят массового характера, не образуют сколько-нибудь значительных скоплений остатков и поэтому рассеиваются, не образуя местонахождений. Особняком от описанных выше процессов захоронения наземной фауны стоят процессы захоронения в области пустынь. В большинстве случаев пустынные отложения не достигают значительной мощности и по этому признаку относятся к инфрафациям. Однако площади распространения пустынных отложений зачастую исключительно велики и могут сохраняться с времен далекого геологического прошлого, в этой особенности обладая характером ультрафаций. Ввиду небольшой мощности отложения пустынь должны сохраняться в геологической летописи лишь обрывками, без большого пространственного развития.

Факторы захоронения в отложениях пустынных вод, в смысле захоронения в них остатков фауны и флоры, ничем существенным не отличаются от вышеизложенных для водных осадков. Иной характер имеют процессы захоронения в эоловых отложениях древних пустынь. Скопление органических остатков (танатоценоз), образованное первым биосферным этапом, как правило, не может быть перенесено в область энергичного накопления осадков. Поэтому захоронение в пустынях сводится к покрытию скопления остатков переносимыми ветром частицами пород. Очевидно, что в огромном большинстве случаев скопление остатков подвергается субаэральной деструкции и тогда, когда оно будет покрыто тонким слоем отложений. Образование местонахождений в эоловых отложениях может иметь место значительно более редко, чем в водных осадках, именно вследствие очень

сильной предварительной деструкции. Зато для пустынных местонахождений целиком выпадают все факторы второго этапа захоронения и эти местонахождения гораздо вернее отражают первоначальный фаунистический состав образования скопления остатков — танатоценоз. В эоловых местонахождениях флоры процесс отложения и захоронения можно считать одновременно фактором массовой гибели растительных организмов, что наблюдается, например, при наступлении пустынь на покрытые растительностью участки. Подобное совмещение всех основных этапов генезиса местонахождения в одном процессе было бы очень благоприятно для полноты характеристики состава флоры. Однако вследствие плохой сохранности остатков после захоронения это свойство пустынных фаций имеет для геологической летописи мало значения.

Заканчивая краткий обзор факторов второго этапа образования местонахождений, мы не должны забывать об общей закономерности образования континентальных толщ, очерченной Баррелем. Совокупность пород любой ультрафации получена в результате многочисленных и сложных внутренних размывов и не является простым итогом одного процесса накопления. Сложные процессы, взаимосвязанные и противоположные,— размыва и накопления, переотложения и растворения, — определяют конечный, видимый для нас результат сплетения и смены по простиранию и стратиграфической вертикали отдельных линз, отложенных в различных условиях. Очень большое значение для захоронения имеет скорость осадконакопления, влияющая и на уменьшение деструкции танатоценозов и на повышенную сохранность тафоценозов. Скорость осадконакопления особенно важна для континентальных фаций. В итоге мы видим, что органические остатки входят в грандиозный процесс механической дифференциации вещества, совершающейся на земной поверхности уже в течение огромного промежутка времени. Познание основных факторов механогенеза местонахождений и составляет один из важнейших разделов тафономии.

3. Главные факторы фоссилизации (минерализации) органических остатков

Третий этап, завершающий цикл процессов образования местонахождений наземной фауны, заключается в превращении органических остатков в минеральные образования, находящиеся в равновесии с совокупностью минералов вмещающей остатки породы. Если второй этап формирования местонахождений — захоронение — неразрывно связан с процессом накопления рыхлых осадков, то рассматриваемый третий этап — фоссилизация — также тесно связан с процессом литификации (диагенеза и сингенеза) породы. Изученность процессов литификации в высшей степени неполна и поэтому ход процесса превращения рыхлого осадка в твердую осадочную породу, в особенности на ранних стадиях диагенеза, еще совершенно темен.

В этом отношении большую помощь осадочной петрографии могут принести детальные исследования над фоссилизацией органических остатков, столь необходимые для тафономии. Вскрывая сущность и характер метасоматоза органических веществ в скелетных остатках, мы тем самым выясняем и основные черты процесса минерализации самой породы, вмещающей органические остатки. Наличие в породе органических остатков, являющихся индикаторами степени и характера минерализации породы, очень важно для изучения процессов литогенеза. Для примера приведем известные осадки, считающиеся не подвергавшимися минерализации, но содержащие минерализованные органические остатки. Таковы совершенно

пластические синие глины кембрия Ленинградской области, содержащие полностью минерализованные животные остатки, или рыхлые пермские пески бассейна Камы и Волги, содержащие прекрасно минерализованные кости наземных позвоночных. Равным образом, все процессы последующего эпигенеза осадочной породы (выщелачивание, вторичная цементация и т. д.) неминуемо должны отразиться на заключенных в породе крупных органических остатках в виде разъедания поверхности, вторичного окремнения, натеков, заполнения поздних трещин и т. п. На основании великолепной сохранности костей позвоночных в некоторых пермских породах Татреспублики приходится отвергнуть мнение Л. И. Миропольского, считавшего, что они подверглись вторичному выщелачиванию.

В общем анализе процессов фоссилизации весьма большое значение имеет закон физико-химической наследственности осадочных пород, предложенный Л. В. Пустоваловым. Согласно этому закону, во всякой осадочной породе, составленной из первичных сингенетических компонентов, продолжают существовать физико-химические условия, близкие к условиям момента формирования осадочной породы. Этот закон оправдывается множеством примеров прекрасной сохранности животных остатков в древних породах и ограничивает возможность предположения о широком распространении позднейших метасоматических процессов в осадочных породах. Физико-химическая наследственность осадочных пород дает возможность конкретного анализа хода процессов фоссилизации в каждом отдельном случае путем восстановления физико-химических условий сингенеза породы.

Среди большого количества факторов, определяющих прочную фоссилизацию захороненных органических остатков, можно выделить следующие основные:

а) Скорость минерализации органических остатков (литификации) и породы, достаточная для предупреждения растворения или других способов деструкции захороненных остатков.

б) Отсутствие влияния субаэральных реагентов, определяющееся достаточно глубоким расположением подвергающегося литификации осадка. При расположении органических остатков в поверхностных зонах накопленного осадка и под тонким слоем воды возможна быстрая деструкция остатков при энергичной инсоляции в зависимости от величины pH и последующем окислении. Очевидно, что в этом случае большое значение имеет и климат места захоронения.

в) Общее состояние (свежесть) остатков в момент захоронения. Сильно разрушившиеся, подвергшиеся инсоляции и выветриванию остатки, особенно животных, содержат значительно меньшее количество органического вещества, чем остатки, попавшие в захоронение в виде трупов или свежих, не выветренных костей. Большое содержание органического вещества часто способствует скорости и полноте минерализации остатков, усиливая соответствующие химические реакции внутри формирующейся породы.

г) Степень уплотнения жидких осадков с захороненной в них флорой и фауной. Уплотнение осадков, всегда сопутствующее литификации в нормальных средних случаях, приводит к деформации ископаемых остатков, в особенности животных. Сильная степень уплотнения осадка ведет к полной деструкции объектов, превращающихся в тонкие прослойки, сохраняющие лишь общее сходство микроскопического строения с первичным костным, хитиновым или известковым веществом скелетного остатка. Характер деформации ископаемых остатков нередко показывает скорость фоссилизации остатков относительно скорости литификации вмещающей породы. Деформации ископаемых костей, с разломами и сдвигами отдельных

частей относительно других, указывают на большую скорость фоссилизации, в основном закончившейся до полной литификации породы. Пластические деформации, расплющивание и растягивание костей, без нарушения сплошности, служат доказательством медленной фоссилизации, не обогнавшей литификацию породы.

д) Характер породы, вмещающей захороненные остатки. Грубозернистые осадки не только обусловливают истирание органических остатков во время захоронения, но и в процессах литификации способствуют деструкции тонких и нежных органических остатков. Исследования Пейна (Paine 1937) показали, что сохранность ископаемой кости зависит прежде всего от вмещающей породы. Влияние геологического возраста устанавливается лишь на породах одного типа, но отнюдь не в общем порядке. Например, кость в грубом пермском песчанике сильнее изменена, чем в третичном конгломерате. В девонском тонкозернистом сланце сохранность кости и органического вещества в ней значительно лучше, чем в указанных выше примерах. В очень многих случаях в кости сохраняется бесструктурный коллофан. Химические осадки типа галогенных солей, гипсов или доломитов обычно совсем не сохраняют попадающие в них органические остатки, нацело разрушая органическое вещество без замещения его минеральными солями.

е) Характер цемента (вернее — сингенетичных выделений) осадочной породы, определяемый составом и концентрацией минеральных растворов в период литификации жидких осадков. Достаточная концентрация минеральных солей в жидком осадке обеспечивает быструю и прочную минерализацию костей или других органических остатков. Наоборот, бедность минеральными солями ведет к медленной фоссилизации и цементации породы, благодаря чему возникает возможность последующего разрушения слабо минерализованных остатков или их разрушения в процессах уплотнения и дегидратации жидкого осадка.

ж) Общий характер осадка и его судьбы в процессах диагенеза, позволяющие осадку сохранить почти не литифицированный облик несмотря на очень большую древность отложения, как, например, уже упоминавшиеся кембрийские синие глины, нижнесилурийские и пермские пески и т. д. Процессы диагенеза этих пород еще совсем не исследованы, но во всяком случае подобные осадки сохраняют в великолепном состоянии хорошо минерализованные остатки фауны и флоры.

з) Вторичные процессы внутри вмещающих остатки пород местонахождений. Эти процессы могут вести к полному растворению минерализованных остатков фауны и флоры, но могут в более редких случаях приводить к еще более сильной минерализации путем метасоматоза. Таковы случаи вторичного окремнения, ожелезнения, омарганцевания и других форм вторичной минерализации органических остатков.

Вышеизложенные факторы, определяющие в общих чертах характер фоссилизации захороненных остатков наземной флоры и фауны, являются вместе с тем и отбирающими факторами третьего этапа образования местонахождений (рис. 33). Каждый из факторов образует как бы решетку, пропускающую в дальнейшую фоссилизацию органические остатки одного типа и уничтожающую остатки другого типа. Из изложенного выше очевидно, что замедленная скорость литификации может привести к уничтожению всей захороненной фауны и флоры, но может и отобрать, сохранив, наиболее поздно захороненные остатки. В случае постепенного накопления остатков животных водными потоками или другими факторами (зыбучие пески, болота) в области захоронения фактор скорости фоссилизации может иметь важное отбирающее значение, сохранив в составе фауны местонахождения наиболее поздно захороненные остатки. В большинстве слу-

часв описываемый фактор имеет универсальное значение. Второй фактор— влияние субаэральных реагентов (климат места захоронения)—может иметь значение для отсекания органических остатков в верхней зоне местонахождения, отложенных наиболее поздно, в конце этапа захоронения. Если окончание этапа захоронения происходит вследствие убывания силы транспортирующего потока, как, например, в конце паводков, то при

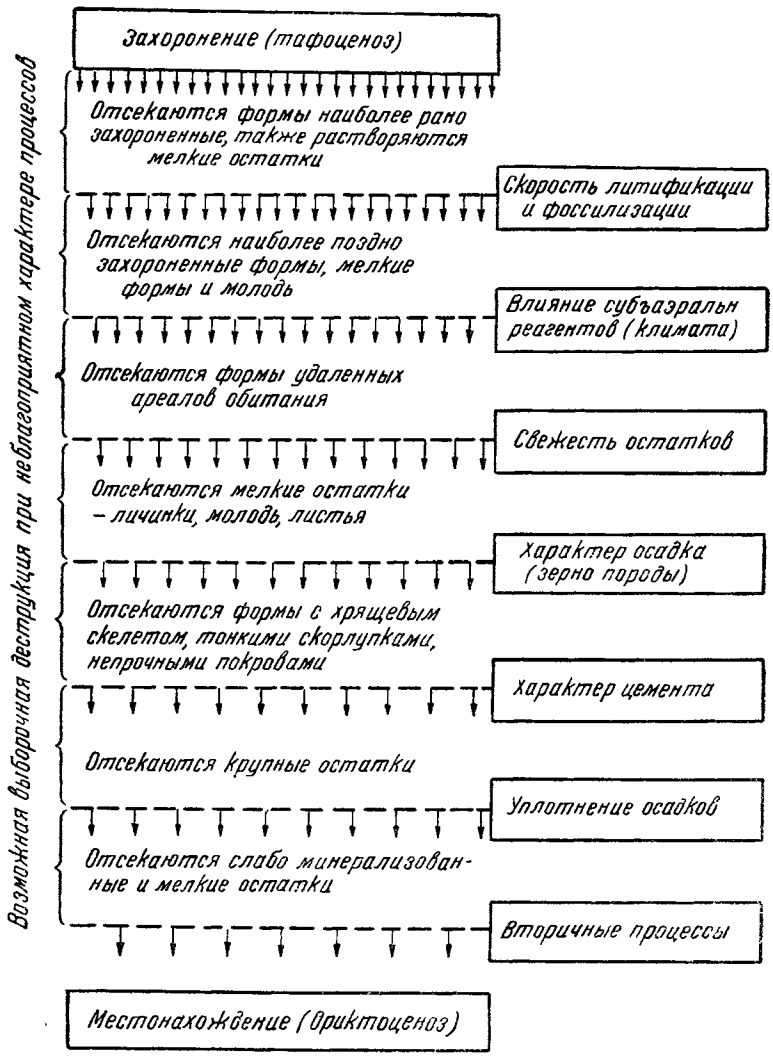


Рис. 33. Выборочность захоронения по фоссилизации.

помощи этого фактора могут быть выборочно уничтожены (особенно со спадом воды) наиболее мелкие формы захороняемой фауны. Эти формы, ранее выносившиеся при больших скоростях потока, должны отлагаться при падении его скорости в верхних слоях отложенных осадков и могут подвергнуться деструкции, выборочно уничтожившей мелких представителей захороненной фауны. Очень важным фактором выборочности по фоссилизации является свежесть органических остатков. В любом скоплении остатков, подвергающихся захоронению и фоссилизации, могут быть остатки разной степени разложения, разное время пробывшие в условиях

субаэрального выветривания. Фоссилизация может охватить свежие остатки, оставив более разложившиеся, с малым количеством органического вещества, остатки, плохо или совсем не минерализованные. В дальнейшем бытие осадочных пород плохо фоссилизованные остатки в большинстве случаев уничтожаются. Как правило, выборочность по свежести остатков имеет значение для отбора адаптаций захороненных форм. Остатки форм, обитавших в удаленных от зоны захоронения ареалах, в огромном большинстве случаев попадут в осадок менее свежими, чем остатки форм, близких к области захоронения и седиментации. Поэтому в образовании местонахождений часто имеет место отсекание форм из удаленных ареалов обитания путем выборочности по фоссилизации. Другие факторы выборочности третьего этапа образования местонахождений не столь значительны и проявляются в частных случаях процессов литификации. Зерно породы, степень уплотнения осадков, характер и насыщенность сингенетичных выделений, равно как и позднейшие процессы выщелачивания имеют универсальное значение для фоссилизованных остатков. Однако в некоторых случаях повышенная крупность зерна породы может определить сохранение крупных остатков (кости) с выборочной деструкцией мелких (насекомые, растения). Сильное уплотнение осадка при крайнем своем выражении может вызвать деструкцию, наоборот, крупных объектов, сохранив мелкие и особенно плоские (листья, крылья насекомых). Состав сингенетичных выделений породы и степень их насыщенности в период диагенеза определяет, в случае бедности минеральными солями, деструкцию выветрелых органических остатков при удовлетворительной сохранности свежих. В этих же условиях подвергаются разрушению растительные остатки и раковины, в то время как более сильно влияющие химически на цементацию животные остатки сохраняются. Процессы выщелачивания при более слабом своем выражении могут определить выборочность деструкции слабо минерализованных или мелких остатков, сохранив крупные или хорошо минерализованные.

Совокупность факторов фоссилизации безусловно влияет на состав фауны в местонахождении, окончательно определяя его в третьем заключительном этапе генетического цикла местонахождения. Поэтому для тафономии важно изучение процессов фоссилизации как одного из основных факторов, определяющих неполноту геологической летописи.

Общие выводы

Рассмотренные нами основные факторы образования местонахождений, конечно лишь в грубом приближении отражают бесконечную сложность действительных процессов. Однако даже предварительное ознакомление с этими процессами дает возможность сделать два важнейших вывода, очень существенных для познания действительного богатства наземной жизни в древние геологические периоды.

Мы видим, что для образования доступного нашему изучению местонахождения необходим ряд совпадений в разнородных процессах как биосферы, так и литосферы. Только в последовательной совокупности этих совпадений могут возникнуть богатые и потому замечаемые нами местонахождения наземной фауны и флоры. Общая схема последовательности и совокупности совпадений представлена на рис. 34. Если несмотря на всю сложность совпадений, необходимых для образования местонахождений, мы все же нередко находим крупные местонахождения наземной фауны, то этот факт непреложно свидетельствует об огромном богатстве подлинно существовавшей древней фауны того времени. Наличие крупных местонахождений наземных позвоночных в верхнем палеозое говорит нам о том,

что численность и разнообразие наземной фауны были уже в то время очень велики. Всякая находка крупного местонахождения, хотя бы содержащего немногие и однообразные формы, неоспоримо свидетельствует о большом богатстве наземной фауны в данный отрезок времени, ибо каждое образовавшееся местонахождение имеет за собой огромное число несостоявшихся совпадений. Поэтому, коль скоро мы находим в древнейших наземных отложениях большие местонахождения,— все прежние предположения о слабом развитии, бедности наземной фауны должны быть признаны неверными и перенесены на еще более древние горизонты. С другой стороны, отсутствие тех или иных форм в местонахождениях,

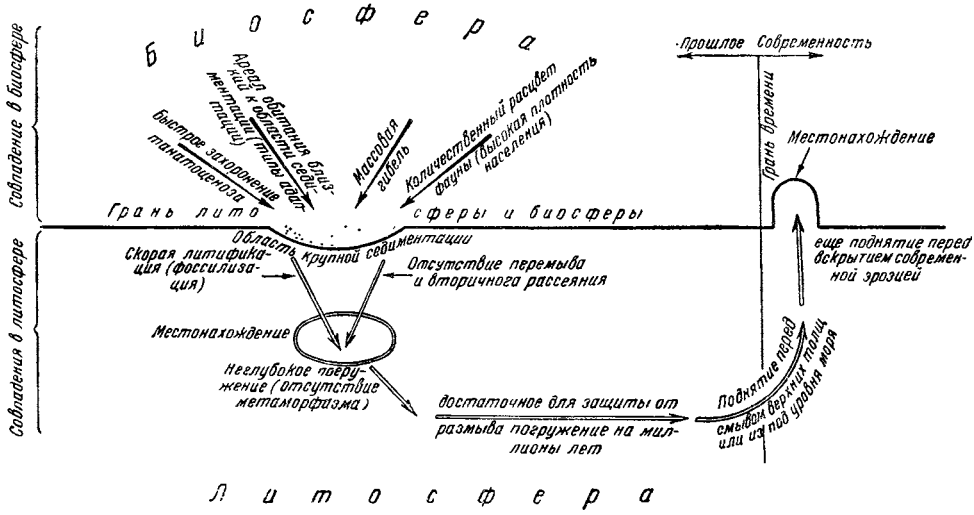


Рис. 34. Схема общего цикла образования местонахождений.

даже отсутствие целых классов, не дает нам права судить об их более позднем появлении и предполагать их действительное отсутствие в фауне данного возраста. Для достоверности этих заключений сначала должен быть решен вопрос о наличии или отсутствии в данной группе отсутствующих в местонахождении форм, типичных для захоронения адаптаций, и проведен общий тафономический анализ всех местонахождений данного отрезка времени.

Всякая группа наземных форм, составляющая фауну какого-либо отрезка геологического времени, может попасть в захоронение и появиться в местонахождениях лишь при достижении определенного количественного расцвета и определенной плотности населения. В свете этих представлений становятся совершенно понятными преобладающие в геологической летописи случаи внезапного массового появления «новых фаун» в богатых местонахождениях, фаун, не имеющих «корней» в более древних слоях.

В геологической литературе распространены предположения о неточности стратиграфических датировок, даваемых наземной фауной. Скопления остатков наземных фаун в крупных местонахождениях обычно принимаются за свидетельство катастрофических «вымираний», «миграций», «случайных переживаний» и т. д. Поэтому такие исключительные случаи якобы не могут служить для датировки отдельных свит и особенно корреляции разрезов между собою. Выше мы видели, что богатые местонахождения получаются только при наличии обильной фауны, которая, конечно,

была типична для данного отрезка времени. Исчезновение более редких форм из местонахождений идет значительно скорее, чем исчезновение этих же форм из реально существовавших фаунистических комплексов, поскольку, убывая в числе особей, они перестают давать местонахождения. Нужно думать, что стратиграфия по наземным фаунам и флорам (разумеется, с учетом тафономических поправок) нисколько не менее, а в некоторых случаях и более точна, чем по морской фауне.

Второй вывод, который можно сделать при анализе процесса образования местонахождений, это заключение о широком распространении выборочных факторов в образовании документов геологической летописи. Все перечисленные в настоящей главе факторы выборочности захоронения еще очень неполны, и дальнейшее исследование, конечно, увеличит их число и уточнит значение. Однако убедительным является вывод о том, что всякое местонахождение никогда не отражает действительного состава фауны в месте своего образования и всякое, даже очень большое скопление фоссилизованных остатков наземной фауны обязательно является неполным.

Рис. 35. Главные решетки выборочности захоронения.

Последовательность этапов формирования местонахождений показывает, что принятые в палеонтологии термины, отражающие измененный против действительного состав фауны в местонахождении,— танатоценоз, тафоценоз — являются не вполне точными. Если проследить основные факторы, изменяющие состав фауны в процессе формирования местонахождения, то становится очевидным, что термин танатоценоз должен применяться для обозначения скопления остатков умерших животных, находящихся еще в пределах биосферы. Термин тафоценоз должен обозначать скопление остатков сразу после этапа захоронения. Поскольку этап фоссилизации также изменяет состав фауны в тафоценозе, то конечный продукт всей совокупности процессов — минерализованные остатки фауны в местонахождении — должен для обозначения отличий своего фаунистического состава иметь особое название. Я предлагаю название ориктоценоз для совокупности уже фоссилизованных остатков, находимых в местонахождениях.

В процессе образования каждого местонахождения имеются свои специфические черты, и эти черты определяют конечный фаунистический состав местонахождения (ориктоценоз). Установление направления выборочности захоронения может быть сделано только при подробном анализе совокупности сформировавших местонахождение процессов. Только при помощи тафономических исследований может быть понято место и значение выборочно попавших в местонахождение форм в фауне и биоценозах, действительно существовавших в данном отрезке времени и пространства. Вместе с огромным числом индивидуальных для каждого местонахождения факторов выборочности имеются более крупные факторы общего значения, вернее совокупности факторов для каждого этапа образования местонахождения. В результате выборочности каждого из отдельных этапов

(рис. 35) живущая фауна переходит в литосферу, в местонахождение, постепенно теряя значительную часть составляющих ее форм. Живой биоценоз, через образование концентраций живых форм, массовую гибель или вообще смерть, переходит в танатоценоз — скопление остатков, еще не захороненных и находящихся в пределах биосферы (I этап). Танатоценоз через перенос и отложение (захоронение) переходит в тафоценоз — скопление остатков, захороненных в жидком осадке и еще не фоссилизованных (II этап). Тафоценоз после процессов фоссилизации остатков и литификации вмещающих осадков переходит в ориктоценоз — скопление минерализованных остатков в осадочной горной породе (III этап).

Сначала отсекаются все редкие или не имеющие большой численности особей формы (танатоценоз), затем формы, нормально обитающие в удаленных от крупных водных бассейнов и крупных седиментационных обстановок областях материков (тафоценоз), и, наконец, все бесскелетные формы или со слабым, плохо сохраняющимся скелетом, молодь, личинки и т. п. (ориктоценоз). В результате зачастую в местонахождении мы получаем «искусственно созданную фауну», составленную из взрослых особей наиболее многочисленных в данной фауне форм, притом подобранных по адаптациям, тяготеющим к водным бассейнам. Последнее имеет особенно сильное выражение в местонахождениях палеозойских наземных форм, соответственно сохранению местонахождений только в крупных ультрафациях, расположенных низко, вблизи общего базиса эрозии. Размеры захороненных форм и особей в тафоценозе могут колебаться в ту и другую сторону, но средняя унификация размеров с захоронением только малых, только средних или только крупных форм свойственна тафоценозам почти всех местонахождений, за исключением тех, которые образовались путем переноса остатков в плавающем состоянии или путем нагромождения потоками пролювиального типа.

В совокупности процессов внутриформационных перемывов и переотложений при осадконакоплении континентальных толщ всякое нахождение целых скелетов или связанных естественно частей этих скелетов есть уже подтверждение изначальной ненормальности отложения данной породы. С другой стороны, раскиданные остатки еще не являются доказательством их первоначального рассеяния в тафоценозе, в процессе захоронения. Остатки могли быть раскиданы и окатаны вторично при последующих внутриформационных перемывах. Выводом из вышесказанного является необходимость распознавания «сингенетически» отложенных остатков и остатков, отложенных вторично до фоссилизации и после фоссилизации. Детальное изучение процессов третьего этапа образования местонахождений поэтому еще более необходимо.

ГЛАВА V

ВСКРЫТИЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ

Образование местонахождений, исследованное нами в предыдущей главе, еще не исчерпывает всех составляющих, нужных для того, чтобы захороненные в местонахождении палеонтологические документы попали в поле нашего зрения. Поднятие древних осадков, заключающих местонахождения, выше современного базиса эрозии, размыв лежащих сверху более новых осадков и, наконец, эрозионный разрез самого местонахождения мы назовем процессом вскрытия местонахождений. Очевидно, процесс вскрытия местонахождений не имеет ничего общего со всеми прежними процессами образования и сохранения местонахождений, более того, он прямо противоположен последним. Тем не менее вскрытие местонахождений также имеет свои факторы, влияющие на наше представление о геологической летописи, и поэтому также должно находиться в пределах круга вопросов, освещаемых тафономией.

Вскрытие местонахождений есть не что иное, как продолжение великого процесса деструкции древних континентальных отложений, только происходящее в настоящее время. С этой точки зрения процессы денудации местонахождений весьма поучительны, так как дают нам представление о колоссальном количестве древних местонахождений, уничтоженных сходными процессами на протяжении миллионов веков истории наземной фауны.

С другой стороны, вскрытие местонахождений дает нам возможность ставить прогнозы и подсчитывать запасы палеонтологических документов на еще неизученных площадях развития континентальных толщ. Как бы ни была велика неполнота геологической летописи, неполнота вполне закономерная, основные факторы которой несомненно будут расшифрованы тафономическими исследованиями, еще огромное количество новых форм наземной фауны и флоры будет открыто в процессе дальнейшего изучения континентальных осадков. При безусловной многочисленности и разнообразии наземной фауны и флоры со времени верхнего палеозоя бесчисленные смены поколений на огромных пространствах древних материков оставили в континентальных отложениях множество фоссилизованных остатков, часть которых, дошедшая до нашего времени, и будет надолго источником новых, очень интересных открытий. Известная нам в настоящее время часть древней наземной жизни еще крайне незначительна, и мы стоим, так сказать, только на пороге неизвестной страны. Для палеозойской наземной фауны, а также и для нижнего мезозоя, мы можем ожидать еще большего числа находок, чем для несравненно лучше сохранившейся наземной жизни кайнозоя. Огромный промежуток времени обусловливает выпадение, как мы видели выше, огромного процента захороненных форм, но этот же промежуток времени имел и гораздо большее

число сменившихся поколений, накоплявших свои остатки в литосфере. Вскрытие крупных местонахождений зачастую длится весьма долго. Мы не говорим, конечно, о случаях исключительно интенсивной денудации, которые также имеют место в процессах деструкции отдельных местонахождений.

Для упрощения рассуждений мы условно подразумеваем денудацию некоей средней интенсивности. Большие площади, занятые ультрафациями палеозоя в Южной Африке и СССР, древнекайнозойские ультрафации Северной Америки, Европы и Азии вскрывались денудацией на протяжении нескольких миллионов лет и все еще несут в себе большое число богатейших местонахождений. Обратное явление мы наблюдаем в кайнозойских инфрафациях. Местонахождения небольших размеров не выдерживают и короткой деструкции, вскрытые местонахождения очень быстро разрушаются нацело и исчезают из геологической летописи. Отсюда и происходят любопытные факты, что, несмотря на гораздо более полное отражение наземной жизни, причем именно жизни глубоко внутри материка, многие типично наземные представители фауны млекопитающих верхнего кайнозоя остаются и по сие время известными весьма неполно. Отсутствие массового материала из больших местонахождений определяет неполноту известности отдельных форм. Для примера приведем только эласмотерия — загадочную раннечетвертичную вполне наземную форму. Несмотря на столь недавнее геологическое время своего существования эласмотерий еще неизвестен нам полностью, за отсутствием полных скелетных остатков. Ультрафации того же кайнозоя, разумеется, дают нам крупные массовые местонахождения с обильными остатками наземной фауны. Палеонтологические исследования наземной жизни в своих первых шагах имели дело с остатками млекопитающих четвертично-верхнетретичного времени, часто находившимися при вскрытии малых местонахождений в инфрафациях. Малое количество остатков в подобных местонахождениях и их разрозненность привели к представлениям, до сих пор распространенным среди палеонтологов. Эти представления заключаются в неправильной оценке местонахождений наземной фауны древнейших периодов жизни, как сходных с местонахождениями кайнозойских инфрафаций. Отсюда именно и возникло пренебрежение к местонахождениям как документам геологической летописи, неправильная оценка неполноты этой летописи, утрата перспективы времени и, наконец, неумелые способы палеонтологических раскопок, до сих пор еще наносящие ущерб делу палеонтологии.

Вскрытие местонахождений производится в настоящее время тремя главными факторами — глубокой эрозией, поверхностной денудацией и человеческим трудом. Наиболее часты случаи вскрытия путем врезания в толщу пород, содержащих местонахождения, речных долин и оврагов. В этих случаях местонахождение обычно вскрывается в вертикальном разрезе и легко может быть обнаружено при внимательных геологических исследованиях. В то же время, вследствие того, что вскрытием захватывается сравнительно небольшой по площади участок толщи, содержащей местонахождения, весьма большой процент существующих местонахождений может остаться не вскрытым и выпасть из нашего поля зрения (рис. 36). Не случайно, что в мощных ультрафациях наиболее крупные, богатые и частые местонахождения известны из областей с хорошей обнаженностью и сильно изрезанным рельефом. Таковы знаменитые в истории палеонтологии «бедленды» различных стран, давшие науке богатейшие материалы по наземной фауне нижнего кайнозоя и нижней перми (Казахстан, Монголия, Техас, Монтана, Оклахома и др.). В случае редкой сети речных долин и оврагов даже очень крупные местонахождения могут остаться невскрытыми.

Нетрудно видеть, что именно зоны аридного климата являются зонами сильного вскрытия местонахождений, тем более если они совпадают с районами возвышенных плато, как это часто имеет место.

Отсутствие растительного покрова приводит к сильному расчленению осадочных толщ, с образованием густой сети оврагов, сухих русел, глубоких промоин, обеспечивающих вскрытие на дневной поверхности залегающих островками костеносных линз. Именно пустынные зоны типа бедлендов в Казахстане, Центральной Азии и США славятся находками.

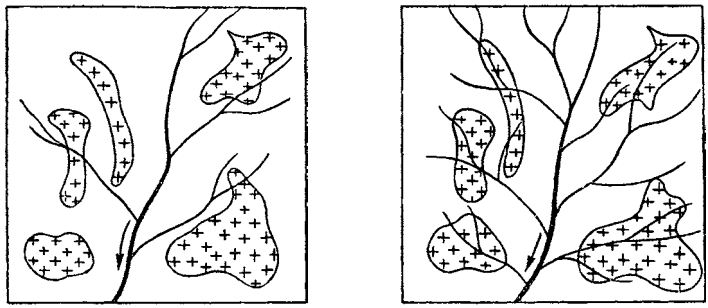


Рис. 36. Вскрытие местонахождений эрозией (план):
А — в области средней обнаженности, *Б* — в области типа бедленд.

Редкие крупные разрезы больших местонахождений часто дают кажущуюся картину ступеней вымирания и угнетения фауны в местонахождениях и влекут за собой весьма распространенные в палеонтологии ошибочные представления о закономерном вымирании фауны. Как видно

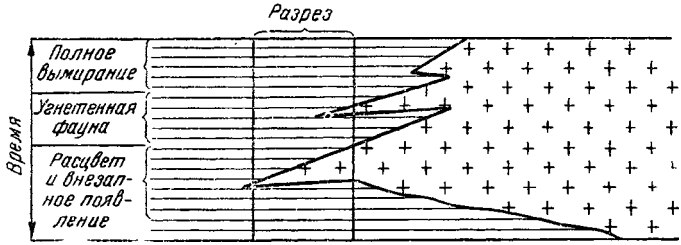


Рис. 37. Кажущееся угнетение и вымирание фауны.

из закономерностей образования местонахождений, вымирание фауны не может быть выражено прямо в том или другом местонахождении и отражается лишь косвенно в серии разновозрастных местонахождений. Разрез типа, приведенного на рис. 37, вскрывающий краевую зону крупного местонахождения, нередко дает по стратиграфической вертикали два и более прослоев, чередующихся с «мертвыми» породами ультрафации. Верхний прослой из самого края местонахождения с плохими и редкими остатками принимается за прослой с «угнетенной», «вымирающей» фауной и смена его по стратиграфической вертикали снова немыми вмещающими породами якобы знаменует полное вымирание фауны. На самом деле разрез, проведенный ближе к местонахождению, показал бы еще более сложные соотношения, а разрез, прошедший через центральную часть местонахождения, вскрыл бы истинное обилие фауны без всякого намека на вымирание. Разрез, проведенный дальше от местонахождения, дал бы представление о бедной и редкой фауне или же просто о мертвой, безжизненной «пустынной» или «подводной» толще. Глубина вскрытия местонахождения также

имеет значение. В случае вскрытия только верхних слоев местонахождения мы можем встретиться с существенно иными соотношениями и получить неправильное представление о местонахождении и его фауне в целом.

Вскрытие местонахождений в горизонтальном срезе дефляцией обычно встречается в областях пустынного характера, без растительного покрова, при значительной роли дефляции. Такое вскрытие дает представление о довольно большом участке, однако без полного разреза по вертикали. Вскрытые в горизонтальном срезе местонахождения разрушаются быстрее

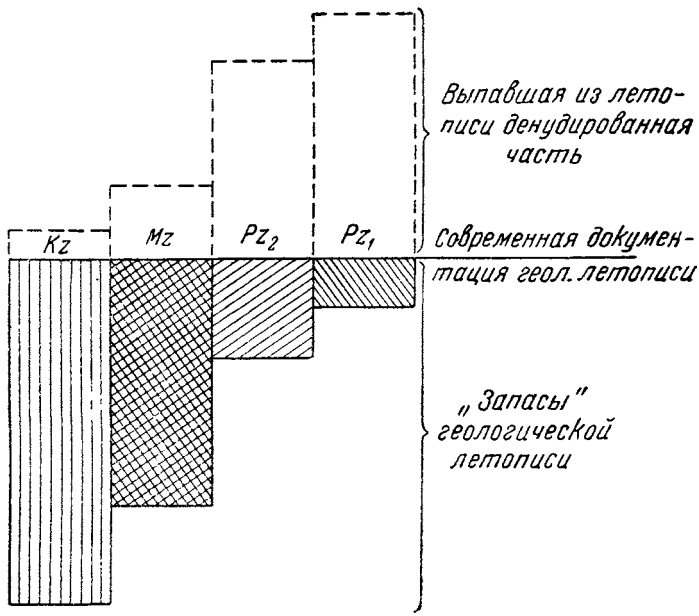


Рис. 38. Случайные эрозионные уровни современности.

вскрытых глубокими долинными врезами — органические остатки в них подвергаются вторичным изменениям — пустынному загару, истиранию песком, растрескиванию и т. д. Этот тип вскрытия местонахождений дает возможность более детально ознакомиться с биостратономией местонахождения и плоскостным распределением вмещающих осадков. Однако остатки фауны, заключенной во вскрытых горизонтально местонахождениях, обычно сильно повреждаются выветриванием, что затрудняет непосредственное изучение фауны местонахождения.

Вскрытие местонахождений путем денудации определяется глубиной во времени эрозионного среза на данном участке земной поверхности. Временные уровни эрозионных срезов настоящего периода жизни Земли располагаются весьма беспорядочно в пространственном отношении, как это видно на любой геологической карте (рис. 38). Составление карт временных уровней современной денудации для зон распространения континентальных ультрафаций прошлого очень важно для прогнозов и поисков новых местонахождений наземной фауны и для общего подсчета запасов и площадей уцелевших во времени континентальных отложений древних геологических эпох. В процессе дальнейшего изучения континентальных толщ мы сможем подойти к довольно точному картированию уровней денудационных срезов для разных эпох геологической истории и отсюда к подсчетам масс континентальных отложений, уничтоженных крупными денудациями этих эпох. Последнее имеет очень важное значение для

выяснения относительного процента фауны, уничтоженной древним вскрытием местонахождений и деструкцией континентальных осадков.

С развитием техники все большее значение приобретает еще один фактор вскрытия местонахождений, не имеющий ничего общего с деятельностью геологических процессов — вскрытие местонахождений трудом человека. Глубокие шахты, штольни и другие горные работы проникают под покровы вышележащих толщ и вскрывают местонахождения, находящиеся глубоко от денудационных срезов современности. Достаточно вспомнить, какое значение в познании верхнепалеозойской фауны имели угольные разработки. Древнейшие фауны амфибий карбона в Англии, Канаде, Чехословакии, США совсем не были бы известны, если бы разработка угольных местонахождений не вскрыла богатейших местонахождений. Некоторые местонахождения угольных шахт Англии находятся под морским дном (Зап. Шотландия, Ирландия). Интереснейшая фауна пермских наземных позвоночных Приуралья извлечена из медных рудников, разрабатывавших медистые песчаники перми. Замечательные находки эоценовой наземной фауны недавно сделаны в буроугольных шахтах Германии (Гейзельталь). Подобный перечень местонахождений, вскрытых горными работами, может быть весьма длинен. Нельзя не упомянуть и работы несколько другого характера — огромные выемки плотин, каналов и железных дорог, вскрывающие местонахождения в условиях плохой обнаженности и слабой эрозии.

Вскрытие местонахождений при горных работах дает нам возможность включать в поле наших исследований гораздо большее число местонахождений, в настоящее время далеких от вскрытия денудацией. Этот способ вскрытия местонахождений, дающий возможность человеку в известной степени преодолевать неполноту геологической летописи, сулит в будущем очень широкие возможности. Трудность производства наблюдений в условиях подземных работ, существовавшая в прежнее время, при современной технике уже не имеет значения. Теоретически, при помощи горных работ в будущем мы сможем включить в орбиту исследования все огромные площади древних континентальных толщ, скрытые под более молодыми отложениями или даже в будущем и погруженные под уровнем моря, устранив тем самым ту область неполноты геологической летописи, которая определяется случайным распределением уровней современной денудации.

ГЛАВА VI

ТИПЫ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ

Тафономия, как неоднократно отмечалось выше, особенно важна для изучения закономерностей захоронения наземных позвоночных, закономерностей много более сложных, чем для других форм жизни на материках прошлых геологических эпох.

Рассмотрим в свете тафономических закономерностей строение некоторых крупных местонахождений наземных позвоночных, известных в настоящее время.

Разнообразное строение крупных местонахождений в ультрафациях может быть сведено к следующим основным группам.

1. Костеносные слои по своему петрографическому характеру не отличаются или слабо отличаются от вмещающих пород ультрафации (кровли и почвы местонахождения).

2. Костеносные слои резко отличаются от вмещающих пород кровли и почвы местонахождения.

Первая группа местонахождений свидетельствует о том, что процессы, вызвавшие образование местонахождения, в основном лежат в пределах биосферы и не связаны с нарушением или изменением хода процессов седиментации в области захоронения. Вторая группа местонахождений, более часто встречающаяся в геологической летописи, в своем образовании связана не только с биосферными процессами, но и с определенными изменениями хода процессов седиментации. В результате этих изменений остатки фауны из находящихся поблизости танатоценозов, ранее или выносившиеся нацело или, наоборот, оставшиеся на месте, начинают поступать в область осадконакопления данной ультрафации. Местонахождения той или другой группы обладают своими характерными особенностями в распределении остатков заключенной в них фауны.

В первой группе местонахождений может наблюдаться постепенное послойное обогащение остатками, достигающее своей кульминационной точки в каком-нибудь напластовании. Стратиграфически выше идет постепенное уменьшение количества остатков фауны (рис. 39, *а*) или, в других случаях, сразу резкое уменьшение количества остатков вплоть до полного их исчезновения (рис. 39, *б*). Более редко в местонахождениях первой группы встречается обогащение органическими остатками только одного из всей серии петрографически однотипных слоев (рис. 39, *в*), возникающее в результате попадания в захоронение сразу одного определенного скопления остатков фауны. Постепенное обогащение слоев остатками указывает на затянувшийся характер процесса захоронения огромного скопления остатков, или на наличие в области седиментации сразу нескольких скоплений остатков. К первому

же типу принадлежат и местонахождения, образовавшиеся в результате постепенного накопления остатков, т. е. без массовых танатоценозов.

Местонахождения второй группы обязательно связаны в своем образовании с изменениями обстановки седиментации в зоне захоронения. Если прослой с остатками фауны отличается от вмещающих отложений ультрафации меньшей крупностью зерна осадка, то такое местонахождение должно было образоваться в результате ослабления, замедления скорости осаждающих потоков. В соответствии с этим остатки фауны, ранее выносившиеся, стали отлагаться, образуя местонахождения. Бо́льшая часть местонахождений дельтовой обстановки, образованных по данной схеме, содержит полные скелеты, очень мелкие кости и растения, перенесенные в плавающем состоянии. Если костеносные слои местонахождения обладают большей крупностью зерна в сравнении с вмещающими породами, то место-

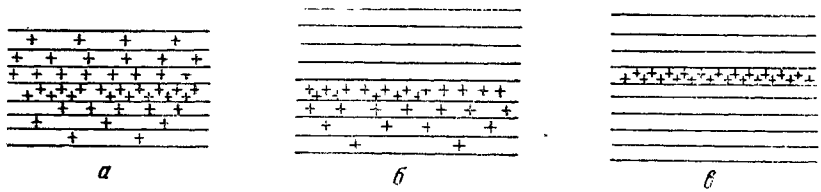
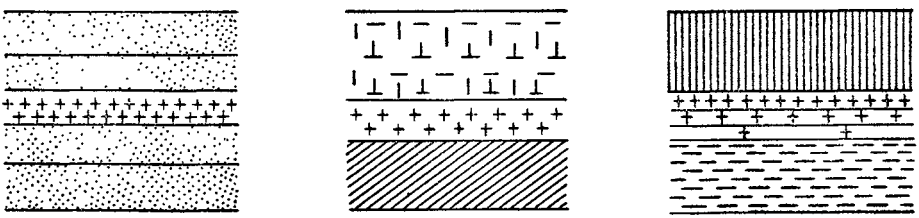


Рис. 39. Строение местонахождений первой группы.

нахождение образовалось в условиях увеличения скорости потоков, обеспечивающих привнос остатков фауны, которые раньше не поступали в захоронение, оставаясь в более близких к области сноса районах. К этому типу принадлежит огромное большинство местонахождений наземной фауны, в особенности древнейшей, поскольку ультрафации палеозоя, согласно закономерности сохранения во времени, принадлежат к очень близким к базису эрозии областям и поэтому представлены главным образом мелкозернистыми кластическими осадками.

Среди местонахождений второй группы, независимо от характера костеносных пород в сравнении с вмещающими, можно различить три главных типа (рис. 40, *а*, *б*, *в*). В первом — кровля и почва местонахождения, т. е. вмещающие, «мертвые» отложения представлены петрографически однозначными породами. Такой характер местонахождения указывает на его образование без резкой перемены в общей обстановке седиментации, иными словами, на появление потока измененной силы, существование которого было кратковременным. В данном случае мы имеем дело с механической выборочностью по силе струй. В широких водных потоках, главным образом в дельтах рек, струи разной силы «блуждают», изменяя свое положение и направление. Первый тип местонахождений (рис. 40, *а*) и создается путем временного появления струи с иной скоростью, осаждающей остатки фауны и со своим исчезновением прекращающей отложение органических остатков, в то время как основная масса осадков, свойственная данной фации, продолжает отлагаться еще долгое время. Местонахождения этого типа принадлежат главным образом к подводным дельтовым руслам, имеют небольшую ширину и мощность и в плане обладают формой длинных лент или узких линз. Второй тип местонахождений (рис. 40, *б*) характеризуется залеганием костеносных слоев на границе двух литологически разнородных свит. В образовании таких местонахождений изменение режима захороняющего потока совпадает с общими изменениями седиментационной обстановки. Наиболее часто мы встречаем постепенное убывание силы отлагающих осадки струй, при котором нижняя свита отличается

более грубым зерном осадочного материала, а верхняя представлена тонкими осадками, например, песчаника и глины или известняка. Остатки фауны могут быть захоронены в самом верхнем слое нижней свиты, не переходя в верхнюю и не встречаясь в более низких слоях нижней свиты. В этом случае верхние слои нижней свиты представлены несколько более тонким кластическим материалом, а верхняя свита ложится на нижнюю без постепенного перехода, резко отличаясь по петрографическому характеру пород. Образование подобных местонахождений было кратковременным и происходило в момент перелома седиментационного процесса, когда остатки фауны, ранее выносившиеся, стали отлагаться в зоне данного осадконакопления. Дальнейшее изменение обстановки остановило отложение фауны и материал перестал поступать. Если в захороняемом танатоценозе имелось много остатков мелких форм, то остатки фауны



а *б* *в*

Рис. 40. Строение местонахождений второй группы.

переходят в верхнюю свиту, встречаясь в ее нижних слоях. Однако здесь выборочно накопляются только остатки самых мелких форм, зачастую образуя «фауну» резко отличного облика от «фауны» основного местонахождения. Если между двумя разнородными свитами залегает свита переходного характера, содержащая остатки фауны, то местонахождение может быть отнесено к третьему типу (рис. 40, *в*). В подобных местонахождениях, имеющих вверху свиту более тонкозернистых пород, происходит постепенное накопление остатков, редких в нижних слоях костеносной свиты и достигающих максимальной численности на контакте с верхней свитой, соответственно постепенному (а не резкому, как в ранее разобранных случаях) нарастанию условий, благоприятствующих отложению остатков фауны. Нетрудно видеть, что в нижних слоях костеносной свиты местонахождения мы будем иметь наиболее крупные кости или же плохие, поврежденные фрагменты, а в самом верхнем слое могут находиться уже полные скелеты, принесенные в виде плавающих трупов в последней фазе захоронения.

В том случае, когда местонахождение будет иметь обратный только что разобранному разрез, т. е. верхние слои будут представлены более грубыми осадками, чем нижние, и порядок накопления остатков фауны будет обратным. Наиболее частые остатки лучшей сохранности скопляются в нижних слоях, выше кости будут реже и худшей сохранности и, наконец, совершенно исчезнут, показывая, что условия седиментации изменились настолько, что наступил полный вынос всех остатков фауны в какую-то другую зону осадконакопления. Нередко наблюдаются случаи, когда верхняя, кроющая свита местонахождения хотя представлена более грубыми осадками, чем нижняя, подстилающая, но самый костеносный пласт состоит из еще более грубого материала, чем верхняя свита. Местонахождения, обладающие таким строением, обычно сложены галечником и конгломератами и отличаются обильными нагромождениями поврежденных остатков, в результате вторжения сильного потока в область спокойного осадкона-

копления, передвинувшего быстро и беспорядочно большую массу скопления органических остатков. Целые скелеты в этих местонахождениях почти не встречаются, остатки мелких форм или нацело вынесены или разрушены и могут встретиться лишь в так называемых «карманах». «Карманы» — глубокие вымоины в нижней, подстилающей свите — образуются при энергичном размывании сильным потоком ранее отложенных осадков. В такие «карманы» заносятся и здесь задерживаются остатки мелких форм или, иногда, полные скелеты.

Наиболее часто встречается тип местонахождений с залеганием костей на границе двух разнохарактерных слоев или толщ, причем в подавляющем большинстве случаев нижний слой или толща выражены более грубозернистыми осадками, чем верхние. Генезис местонахождений этого типа, как разбиралось выше, имеет три последовательные фазы, крайне сходные с периодическими наводнениями современных затопляемых равнин в тропических областях.

1-я фаза. Общее затопление с размывом нижележащих, ранее отложенных осадков и осаждение грубозернистого материала.

2-я фаза. Скорость потока падает, интенсивный принос грубозернистых осадков прекращается, и в этот момент происходит остановка плавающих трупов на месте прежнего отложения грубых осадков.

3-я фаза. При замедленной скорости потока доставляется на место осаждения только тонкозернистый материал, который и отлагается в виде верхней толщи тонкозернистых пород.

Для общей характеристики местонахождения большое значение имеет также характер распределения остатков фауны внутри костеносного пласта (рис. 41). Среди известных местонахождений можно выделить два основных типа — послойные и перемешанные. В местонахождениях с послойным распределением органических остатков последние накопляются слоями, обычно по плоскостям напластования (рис. 41, *а*). В перемешанных местонахождениях остатки фауны разбросаны на самых различных уровнях внутри пласта, образуя как бы смесь с вмещающей породой (рис. 41, *б*). Генезис последних местонахождений протекал в условиях энергичной эрозии материка при сильных потоках и быстром осадконакоплении. Послойные местонахождения образовались в весьма спокойных потоках, в правильной последовательности механической дифференциации продуктов осадконакопления. Относительное содержание остатков фауны в костеносных слоях местонахождения также определяет различные типы местонахождений (рис. 41). Встречаются местонахождения рассеянные и концентрированные. В первых (рис. 41, *в*), остатки фауны сравнительно редки и рассеяны внутри костеносного пласта, чередуясь с большими участками пустой породы. В концентрированных местонахождениях (рис. 41, *г*) остатки фауны располагаются тесно друг к другу, образуя уплотненные скопления. Не менее часто, чем два вышеописанные типа, встречаются и местонахождения промежуточного характера (рис. 41, *д*), где отдельные плотные скопления разбросаны по площади костеносного пласта небольшими пятнами и обширные, разделяющие их участки пласта содержат только редкие, рассеянные остатки фауны.

Изложенное выше описание типов местонахождений не может еще рассматриваться как классификация местонахождений. Создание генетической классификации местонахождений является насущной необходимостью и во многом облегчит развитие тафономических исследований.

Однако в настоящее время подробно исследована еще очень небольшая часть известных местонахождений и время для создания подобной классификации еще не пришло. После проведения специальных исследований, в особенности огромных местонахождений Северной Америки, Южной

Африки, Азии, Южной Америки, почти совсем не подвергавшихся сколько-нибудь точному изучению, можно будет построить классификацию известных местонахождений по генетическим признакам. Нужно думать, что громадные пробелы в деле изучения местонахождений будут быстро заполнены, так как научная мысль всех стран уже дошла до сознания важности исследования этих документов геологической летописи.

Приведенные нами типы местонахождений хотя и не отражают всего их многообразия, но все же дают общее представление о строении, свойственном подобным образованиям. Строение местонахождений играет немалую роль в фаунистических и стратиграфических представлениях.

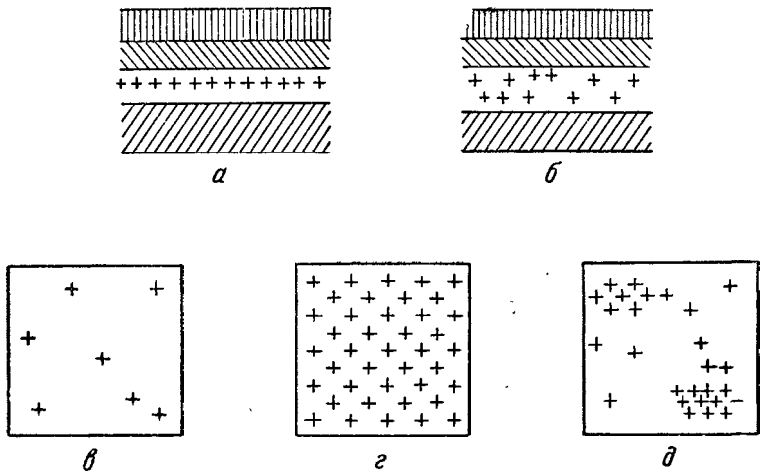


Рис. 41. Типы местонахождений по характеру распределения органических остатков внутри костеносного пласта.

а, б — профиль; *в, г, д* — план.

Распространенные случаи ошибок в заключениях о вымирании, внезапном появлении и угнетении фауны, о мертвых безжизненных толщах — все имеют в своей основе полное незнакомство с процессами образования местонахождений.

В самом деле, местонахождения второй группы в своем первом типе (рис. 40, *а*) при появлении пласта с обильной фауной среди немых вмещающих пород обычно истолковываются как результат внезапного появления откуда-то мигрировавшей фауны, претерпевшей массовую гибель во время миграции. Образование местонахождений второго типа (рис. 40, *б*) сводится к изменениям в характере вмещающих пород, якобы приведшим фауну к массовой гибели в изменившихся физико-географических условиях. При этом совершенно упускается из виду аллохтонность фауны, захороненной в местонахождениях. Забывается и то, что изменения характера седиментации, выраженные в местонахождении, главным образом обязаны изменениям гидродинамического режима осаждавших осадки потоков. Это имело очень малое непосредственное влияние на наземную фауну, обитавшую вне области непосредственного отложения осадков, вмещающих местонахождение. Нетрудно видеть, что внезапное появление фауны в континентальных толщах вполне закономерно в целом ряде случаев образования местонахождений и вместе с тем вовсе не означает катастрофических изменений физико-географической обстановки, вызвавших массовую гибель фауны. Совершенно также внезапное исчезновение —«резкое вымирание»— фауны вполне объясняется общим ходом процесса образования

местонахождения и может означать лишь прекращение поступления остатков по целому ряду причин, ничего общего с действительным вымиранием фауны не имеющих. Более того, всякое крупное местонахождение есть свидетельство количественного расцвета фауны в данный период, вымирающая же, угнетенная фауна не образует местонахождений, перестает захороняться. Таким образом, кажущееся вымирание происходит гораздо раньше действительного.

Нижние слои местонахождений с постепенным насыщением остатками фауны, взятые в отрыве от более богатых слоев, в случае частичной денудации могут дать картину угнетения фауны. Еще более яркую, но столь же неправильную картину угнетения фауны дают местонахождения с постепенно убывающим вверх по стратиграфической вертикали количеством остатков фауны, объясняющимся исчерпанием захороняемого танатоценоза или мало заметным убыванием силы потока.

Наличие небольших внутренних перемывов среди пачек напластований местонахождения еще более осложняет решение основных стратиграфических вопросов палеофаунистики и также может вызвать ошибочные представления.

Значительно труднее поддаются истолкованию при помощи обычных приемов местонахождения с различной концентрацией остатков фауны в пределах одного и того же костеносного пласта. Если для местонахождений, концентрированных или рассеянных, мы можем сделать обычные ошибки в определении якобы «многочисленности» или «редкости» фауны, то для местонахождений смешанного типа та же ошибка приобретает совсем случайный характер в зависимости от места разреза костеносного пласта. Очевидно, что наличие плотно сконцентрированных остатков фауны или, наоборот, рассеянных редко в массе пласта еще не является доказательством богатства или редкости фауны, так как всецело зависит от условий захоронения, результатом которых и является тот или иной характер биостратономии костеносного пласта. Во всяком случае, любой более или менее точный анализ местонахождения требует вскрытия значительных площадей костеносного пласта для детального изучения его петрографического характера и распределения захороненных в нем остатков.

Различные типы строения местонахождений позволяют сделать еще два важных вывода.

1. Остатки фауны во многих случаях служат более чувствительными индикаторами всяких изменений процесса седиментации, чем вмещающие породы. Отражение изменений режима отложения осадков в породах запаздывает против изменений в характере отложения остатков фауны. Весьма часто самое наличие захороненной фауны, т. е. местонахождение, является индикатором смены фаций, которая приводит к отложению пород другого типа в кровле местонахождения и последующих верхних слоях.

2. Немые в точном смысле слова толщи в континентальных отложениях от середины палеозоя и выше отсутствуют. Немые толщи являются лишь пустыми участками между местонахождениями как по стратиграфической вертикали, так и по простиранию. Поэтому всякие заключения об особом характере отложения толщ, кажущихся немыми, обычно преждевременны.

ГЛАВА VII

ПРИМЕРЫ ТАФОНОМИЧЕСКИХ ПОПРАВОК К ВОПРОСАМ ЭВОЛЮЦИИ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ

В предыдущем изложении мы видели, что совокупность данных геологической летописи создалась не случайным путем. Какое же значение и какое влияние на наши представления о жизни древних геологических эпох могут иметь тафономические закономерности?

Прежде всего нужно отметить, что закономерная неполнота наших представлений о наземной жизни далекого прошлого является как бы односторонней. Из всей суммы разнообразия древних наземных форм выборочно выпадают все «малые числа», т. е. формы, представленные малым числом индивидов, редкие или неплотно заселяющие ареал своего обитания. Нетрудно видеть, что все возможные «переходные» формы как раз попадают под уничтожение в закономерностях образования геологической летописи. Если представить себе какую-нибудь фауну наземных позвоночных, обитающую в области, близкой к области осадконакопления, то составляющие ее формы при переходе в геологическую летопись расположатся по следующим основным группам.

1) Преобладающие количественно в данный момент формы водных или близких к водному обитанию адаптаций. Эти формы при достаточной плотности населения перейдут в геологическую летопись.

2) Формы, наиболее прогрессивные, в начале адаптивной радиации завоевавшие новые ареалы обитания и поэтому либо немногочисленные, либо сильно удаляющиеся от области захоронения. Эти формы выпадут из геологической летописи, по крайней мере в подавляющем числе.

3) Формы архаические, уже сошедшие со сцены и вымирающие группы и поэтому редкие. Эти формы также выпадут из геологической летописи, но для очень древних эпох наземной жизни, как мы увидим ниже, имеются исключения.

Таким образом, при переходе в геологическую летопись каждая определенная наземная фауна распадается на три группы форм, из которых в огромном большинстве случаев захороняется только одна. Эта группа форм, достигших большого количественного расцвета, будет состоять из зачастую различных по своей эволюционной стадии форм, с ярко выраженной специализацией, которая определила их благополучие в естественном отборе на данный момент и, следовательно, их количественное преобладание в фауне. Кроме того, это формы, способные населять ареал своего распространения со значительной плотностью или же периодически образовывать большие скопления индивидов — стада. Характер адаптации захороняющейся группы форм будет также подобранным в смысле

преобладания адаптаций к обитанию в прибрежных областях или вообще областях крупного осадконакопления (рис. 42).

Таким образом, отсутствие в геологической летописи форм, обладающих переходным между крупными и мелкими группами строением, вполне закономерно и отнюдь не может считаться за действительное их отсутствие.* Выпадение из геологической летописи особенно интересных по своему эволюционному значению форм, как и вообще выпадение значительного количества форм, слагающих многообразие наземного животного мира любой древней геологической эпохи, определяет своеобразные искажения эволюционных представлений.

Представим себе в общих чертах геологическую документацию смены фауны в эволюции позвоночных от палеозоя до наших дней.

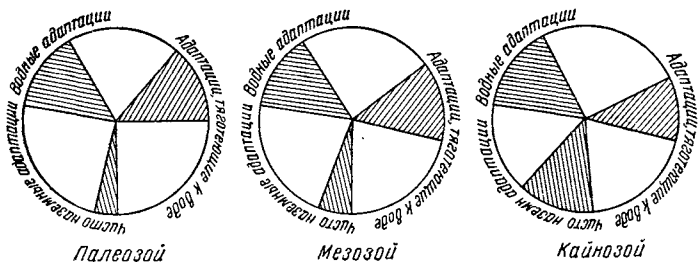


Рис. 42. Схема соотношения типов адаптаций наземных форм, представленных в местонахождениях разных геологических эр. Заштрихована сохраняющаяся в геологической летописи часть. Для кайнозоя показано примерно равное соотношение водных и наземных адаптаций, исходя из соображения, что эти адаптации частью захоронены в еще не вскрытых ультрафациях и, таким образом, находятся в летописи.

В поясе ультрафаций, сохраняющемся во времени от материка, вся активно эволюционирующая, наиболее прогрессивная часть фауны будет находиться на внутреннем (для наземных) или внешнем (для морских) контуре пояса. В пределах самого пояса, в слагающих его ультрафациях будут захороняться наиболее многочисленные, давно сложившиеся и составленные уже сильно специализованными формами биоценозы.

В ультрафациях силура и нижнего девона мы будем находить сильно специализованных рыб, какими являются известные панцырные рыбы. Родоначальные или архаические формы этих рыб, не обладающие панцырем или окостеневшим внутренним скелетом, помимо своей редкости не будут сохраняться еще и по условиям фоссилизации. Другие формы рыб, несомненно существовавшие одновременно с панцырными, но эволюционировавшие в направлении завоевания моря, рассеются на внешнем контуре зоны захоронения, не образуя достаточных концентраций или вследствие недостаточной индивидуальной численности, или вследствие подвижного образа жизни вне основных зон осадконакопления. Примером подобного выпадения из геологической летописи крупных рыб, обитающих на внешнем контуре пояса захоронения, является *Latimeria*. Как известно, это огромная кистеперая рыба из семейства Undinidae была совсем недавно поймана у берегов Южной Африки. Последние представители кистеперых сем. Undinidae вымерли в верхнем мелу по данным геологической летописи, однако, *Latimeria* оказалась дожившей до наших дней. Случай с *Latimeria* показывает, что в оценку эволюционной ступени и общего характера

* Подразумеваются «переходные» формы геологической летописи, как правило – таксономические единицы крупнее вида, отнюдь не исключающие разрыва (скачка) в филогенетическом ряду.

фауны древнейших рыб должны быть введены существенные поправки на выпавшие из летописи группы форм подвижных или немногочисленных в отношении количества особей, как раз составляющих наиболее прогрессивную часть фауны с предковыми формами наземных позвоночных. В поясах материковых ультрафаций верхнего палеозоя внутренний контур пояса подвинется дальше в материк, захватывая область обитания наиболее многочисленной наземной фауны в дельтах, нижнем течении крупных рек. Для каждого из периодов геологической летописи, за исключением разве самых позднейших, характерно отсечение и исчезновение из циклов захоронения всех далеко проникающих в глубь материка филогенетических ветвей.

В мезозое и кайнозое круг попадающих в захоронение наземных форм внутреннего контура соответственно расширится, в особенности в кайнозое, благодаря сохранению во времени таких континентальных отложений,

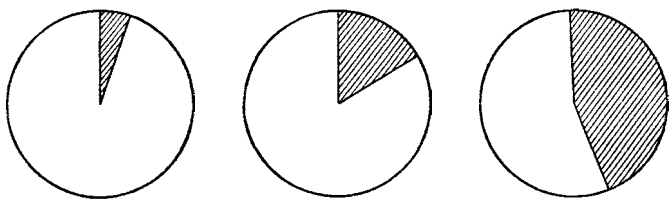


Рис. 43. Схема соотношения захороненной в геологической летописи части животного мира наземных позвоночных (то же для растений) к действительно существовавшей для разных эр геологической истории.

которые для более древних эпох являются инфрафациями. Соответственно этому для мезозоя и кайнозоя возрастает многообразие наземных форм, что и кажется вполне естественным как постепенное завоевание суши наземными позвоночными. Однако эта постепенность завоевания, якобы связанная с общим прогрессом, будет в значительной мере только кажущейся, получаясь в результате общих закономерностей сохранения осадков во времени. В самом деле, уже в эоцене мы наблюдаем появление всех главных типов млекопитающих. Более древние жизненные формы, как, например, ящерицы и змеи, обитают в самых различных внутриматериковых районах современности, а современные роды амфибий известны уже со среднего эоцена (верхнелютетские угли Гейзельталя). Нельзя не обратить внимания на тот факт, что, чем больше форм становится нам известно в геологической летописи, тем глубже уходят во время «корни» — исходные формы, не только целых классов, но и отдельных больших групп. Все эти явления могут быть суммированы в следующем выводе: широкое заселение материков и разнообразие животной и растительной жизни на суше возникли значительно ранее, чем это представляется нам по данным геологической летописи, в более древних страницах которой исчезает все бо́льшая часть наземного животного мира (рис. 43). Проведение исторической грани между первичным завоеванием суши и кажущейся «пустотой» древних материков — одна из важнейших задач палеонтологии в ее будущем развитии.

Периодические изменения хода геологических процессов также своеобразно отражаются на общей картине геологической документации наземной жизни. Смена периодов покоя и орогенеза неминуемо вносит изменения в совокупность процессов образования местонахождений. В периоды покоя, при низком уровне материков, медленной эрозии и медленном

накоплении осадков пояса ультрафаций с захороненной в них фауной будут относительно невелики по абсолютной мощности, располагаются ближе к материку и имеют несколько бо́льшую ширину вследствие того, что низменные прибрежные области будут глубоко вдаваться в материк. Процессы захоронения в периоды покоя будут значительно более медленными в соответствии с медленностью осадконакопления, что вызовет бо́льшую деструкцию захороненных остатков. Поэтому общее количество, в особенности для внутриматериковых областей, наземной фауны, захороненной в период покоя, будет относительно малым, с меньшим числом местонахождений на данный объем вмещающей породы.

Периоды диастрофизма результируются в энергичной эрозии и увеличении скорости осадконакопления. Благодаря быстрому сносу и захоронению остатков, несмотря на более многочисленные внутриформационные перемывы, количество захороненной фауны и число местонахождений относительно больше. Равным образом, больше и число форм чисто наземных адаптаций благодаря быстрому сносу из внутренних частей материка. Пояса окраинных ультрафаций значительны по мощности и дальше выдаются в море от материка. Субаэральные части дельт в периоды диастрофизма, как правило, относительно у́же (рис. 44).

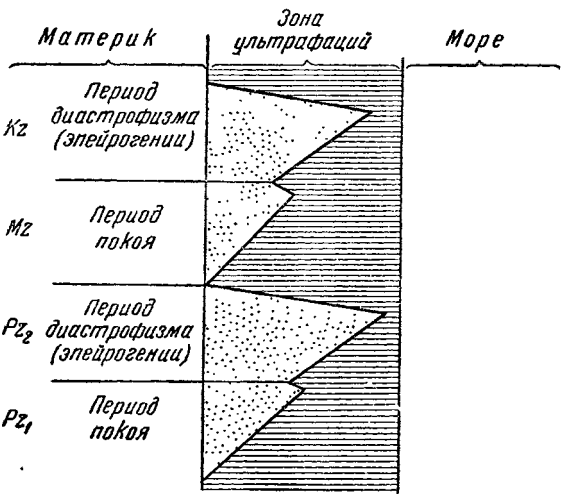


Рис. 44. Диаграмма захоронения в периоды диастрофизма и покоя.

По условиям осадконакопления периоды диастрофизма отражаются в геологической летописи бо́льшим количеством остатков наземной фауны, в которой мы встречаем несколько большее количество чисто наземных форм. Большое количество местонахождений в периоды диастрофизма с массами захороненных в них остатков наземной фауны создает вполне понятное впечатление каких-то особых «вспышек» формообразования, ускорения эволюционного процесса, вместе с впечатлением массовой гибели, вымирания большого числа форм под влиянием диастрофических резких изменений земной поверхности или климата. Отсюда уже недалеко и до признания катастрофических, массовых вымираний наземной фауны в периоды диастрофизма, тем более что в сравнительно бедных местонахождениях последующего периода покоя мы не находим многих форм, захоронившихся в периоды диастрофизма, а соединенных двух эпох — диастрофизма и покоя, по времени достаточно для вполне закономерной смены весьма многих групп в процессе эволюции.

Разумеется, нельзя отрицать, что эпейрогенические эпохи, увеличивая количество наземных биотопов и создавая более резкую противоположность между морем и сушей, могут несколько убыстрять эволюцию наземной фауны, увеличивая интенсивность адаптивных радиаций. При всем этом разница между периодами диастрофизма и покоя для уже развившейся наземной фауны вовсе не так велика, как может казаться по геологической летописи. Изучение закономерностей образования этой летописи застав-

ляет отрицать резкое, критическое влияние периодов эпейрогении на эволюцию наземной фауны и особенно на массовое вымирание и резкую смену фаун.

Пользуюсь случаем отметить, что эпохи эпейрогенеза совпадают с образованием огромных массивов континентальных толщ, периоды непрерывного напластования которых не соответствуют принятым и развившимся в современной науке делениям на геологические периоды, основанным на особенностях одного лишь материка Европы. Так, например, для континентальных отложений южных материков был бы удобен в качестве последней эпохи палеозоя период, обнимающий самые верхи карбона, пермь и нижний триас, как неразрывный по циклу эпейрогении, континентальному осадконакоплению и развитию наземной фауны. Для всех континентальных толщ северных материков удобнее мезозой начать с верхов триаса, а карбон оканчивать до стефанского яруса. Приведенные примеры показывают, насколько четко эпейрогенические циклы выделяются в геологической летописи.

Крупные местонахождения наземных позвоночных, с их «внезапным» появлением во вмещающих породах и затем таким же внезапным исчезновением, создают впечатление настоящих «полей смерти», якобы свидетельствующих о катастрофах, вызывающих резкое вымирание форм. Повышенная частота местонахождений в орогенические эпохи и дает возможность говорить об усилении вымирания или миграции наземных фаун в периоды диастрофизма. Процессы образования местонахождений, изучаемые тафономией, дают возможность конкретного истолкования «полей смерти», в огромном большинстве случаев не связанных ни с какими катастрофами всеобщего порядка.

Таким образом, тафономические исследования исправляют представления об общем ходе развития наземной жизни, приводя к отрицанию универсального значения кажущихся резких изменений наземной фауны, тех тенденций неокатастрофизма, которые еще продолжают существовать в палеонтологии.

Своеобразный подбор форм в геологической летописи, определяемый всей совокупностью тафономических закономерностей и усложненный сменой эпох покоя и тектогенеза, является также источником упрощенных эволюционных представлений. Выпадение из геологической летописи всех форм переходного, очень прогрессивного или очень резко уклоняющегося характера, не представленных большим числом отдельных особей, создает особый тип ископаемых «фаун», особенно резко выраженный для более древних эпох наземной жизни. Нужно прибавить к этому отсутствие в ориктоценозах очень молодых или очень старых особей, зачастую сужающее наши представления о возрастной изменчивости ископаемых форм и ведущее к созданию систематических подразделений, которые на самом деле являются лишь возрастными стадиями. Каждая ископаемая «фауна» состоит из так или иначе специализованных форм, по-своему адаптированных к условиям существования в сходных внешних обстановках. Сходство экологических типов, достигших расцвета в определенной биотической обстановке, располагающейся всегда близ области седиментации, обусловливает и незначительную резкость в степени выражения крупных морфологических признаков у разных форм, из разных местонахождений. Иными словами, в ориктоценозах местонахождений мы находим группы стенобионтных форм, отличающихся друг от друга сравнительно незначительными адаптационными уклонениями, направленными на заполнение различных экологических ниш одной и той же крупной области обитания. Это совершенно аналогично общему однообразию сохраняющихся фаций. На фоне подобных форм, имеющих подавляющее преобладание

во всякой ископаемой «фауне», отдельные редкие находки форм из других экологических областей обычно показывают значительную разницу в эволюционной ступени или генетическом родстве. «Экзотические», «случайные» формы обладают или примитивным, архаическим строением, представляя собой остатки более древних адаптивных радиаций, или же отличаются весьма прогрессивными чертами строения, определяющими большую эврибионтность и способность к более глубокому проникновению во внутриматериковые биологические стации. Зачастую те и другие типы редких форм принадлежат к совершенно иным систематическим группам, чем преобладающие в фауне, весьма удаленным в родственном отношении от типичных форм данной фауны. Упрощенным, хотя, к сожалению, и распространенным, толкованием эволюции вышеописанных «фаун» будет разделение эволюционного процесса на две категории, или, вернее, два направления. Редкие прогрессивные формы якобы эволюционируют особым быстрым путем ароморфозов, а вся остальная масса фауны — в направлении идиоадаптаций. Оба направления выделяются достаточно отчетливо в составе почти всех фаун древних наземных позвоночных и, таким образом, будто бы документируются палеонтологией.

Между тем тафономическое изучение закономерностей геологической летописи свидетельствует о том, что состав ископаемых фаун является подобранным по характеру адаптаций и количественному преобладанию форм и, следовательно, отражает только часть наземного животного мира. В полных фаунах, если бы таковые захоронялись в геологической летописи, мы встретили бы настолько большое количество форм, составляющих постепенные градации между ароморфотическими и адаптивными изменениями, что всякое разделение эволюционного процесса на два направления оказалось бы неестественным. К этому мы еще вернемся в заключительных строках настоящей главы. На роли редких «экзотических» элементов в древних фаунах необходимо еще раз остановиться, несмотря на неоднократные упоминания о них в предыдущих главах.

Развитие техники палеонтологических раскопок в нашем столетии обусловило учащение находок экзотических форм в древних фаунах. Вскрытие больших площадей костеносных пластов, естественно, повышает вероятность нахождения редких элементов фауны. Вместе с хорошо сохранившимися остатками, позволяющими точно восстанавливать основные морфологические черты животного, стало известно и некоторое количество очень неполных остатков, позволяющих высказать только предположения, нередко довольно парадоксальные. К таким находкам принадлежит, например, находка летающей рептилии в нижнепермских отложениях Северной Америки, находка как будто совершенно особого позвоночного в юрских сланцах Золенгофена в Германии (*Belonochasma*), остатки *Anthracosaurus raniceps* Goldenb. из верхнего карбона Саарбрюкена (Broili 1932 и 1938; Goldenberg 1873), довольно большое количество фрагментов, изредка находимых среди остальной фауны в больших раскопках в пермских отложениях Приуралья, в Северной Америке и Южной Африке, показывающих необычно раннюю для своего времени степень прогрессивности строения или несущих признаки необыкновенных адаптаций, но обычно не отмечающихся в научной литературе за невозможностью сколько-нибудь точного определения и суждения. Каковы бы ни были ошибки в определении значения этих фрагментов, несомненно, что некоторые из них являются провозвестниками той части животного мира прошлого, которая скрыта от нас в глубинах времени, и свидетельствуют о более сложных и многообразных эволюционных превращениях наземных форм, чем это дается нам геологической летописью. Случаи захоронения отдельных форм, рассеянных в массах

осадочных толщ, вероятность находки которых бесконечно мала, с этой точки зрения должны быть крайне интересны и подобно находке археоптерикса призваны создавать целые этапы в развитии палеонтологической мысли.

Хорошей иллюстрацией ко всему сказанному служит уже отмечавшаяся выше находка *Latimeria*, огромной кистеперой рыбы, принадлежащей к считавшемуся вымершим еще в мелу семейству Undinidae, остатки представителей которого не попадались в геологической летописи в течение целой эры геологической истории. Однако сейчас для нас совершенно несомненным является факт, что кистеперые дожили до настоящего времени и *Latimeria* живет у восточных берегов Южной Африки, в обстановке внешнего контура пояса материкового захоронения. Открытие ныне живущей *Latimeria* как нельзя лучше показывает выпадение редких, немногочисленных по количеству особей форм из геологической летописи. О том же говорят признаки нахождения динозавров в третичных отложениях Южной Америки. Аналогично находке *Latimeria* в самые последние годы в Эквадоре, в Южной Америке, был найден скелет мастодонта в кухонных остатках древнего человека, со следами обжигания и разрезывания на костях (Eiseley 1945). Найденные совместно с мастодонтом черепки глиняной посуды датируют находку первыми веками нашей эры. Таким образом, если анализ находки был сделан правильно, мастодонты в северной части Южной Америки дожили до исторической эпохи нового времени. Это совершенно не соответствует имеющейся палеонтологической документации группы мастодонтов и лишний раз указывает на неполноту даже очень поздних разделов геологической летописи. К подобным же «неожиданным» открытиям принадлежит недавняя находка остатков сумчатого саблезубого «тигра» в отложениях древнечетвертичного речного русла в Небраске, в Северной Америке (Zuidema 1947). Находка убедительно говорит о глубоком проникновении представителей южноамериканской фауны сумчатых млекопитающих на север, в область развития плацентарных, и о том, что соотношения фаун обеих крупных зоогеографических областей были иными, чем это нам представляется по «простым» данным неполного захоронения.

Очевидно, что для более полно представленных в геологической летописи наземных фаун кайнозоя редкие, необычайные формы дадут более широкую возможность изучения многообразия адаптивных радиаций. Для древних эпох наземной жизни редкие формы свидетельствуют о путях ранних этапов развития основных стволов наземных позвоночных. Сказанное стоит в полном соответствии с менее полным отражением наземной жизни в древнейшие ее периоды. Редкие формы в «фаунах» местонахождений являются также вестниками исчезнувшей части животного мира и показателями подлинного хода эволюционного процесса в огромном многообразии адаптаций. Количество монотипных семейств и отрядов в той или другой древней «фауне» прямо пропорционально степени нашего приближения к познанию исчезнувшей части животного мира.

Подводя итоги только что разобранной особенности крупных местонахождений, мы можем наметить общее правило, непосредственно вытекающее из тафономических наблюдений. Чем больше увеличивается сумма накопляемых нами палеонтологических документов, тем дальше в глубь времен отодвигаются находки «родоначальных» форм или, вернее, целых групп. Такова замечательная находка Наумовой (1948) спор наземных растений в кембрии. Довольно высокоорганизованные сосудистые растения были недавно открыты в силуре (Walton 1940).

Признаки рептилий обнаружены в нижнем карбоне, стегоцефалы найдены в девоне, в верхней же юре США найдены неполные остатки гигантских хищных динозавров (*Saurophagus*), превосходящих по величине

тиранозавров, появившихся только в самом верхнем мелу и считавшихся самыми крупными из всех хищных динозавров. Массовые находки великолепной сохранности в Гейзельтале показали существование современных родов амфибий уже с эоцена. Повидимому, дальнейшее развитие наших знаний во многих случаях значительно изменит наши представления о времени возникновения различных групп животных и растений.

Для анализа преобладающей части древних наземных «фаун», представленной сходными экологическими типами, имеет большое значение различная длительность существования разных фаций во времени. Каждая область седиментации в то же время является определенной экологической областью и биотопом. Мы приходим к представлению об устойчивости, длительности существования во времени отдельных фаций, как обстановок внешней среды для животных и растений, определяющих подбор количественно преобладающих экологических ниш и экологических типов во все периоды истории наземной жизни. Из закономерностей сохранения и длительности существования отдельных фаций во времени вытекает, что наиболее устойчивыми во времени биотопами будут совокупности областей осадконакопления, располагающихся в наиболее низких ступенях деструкции, т. е. в наибольшей близости к общему базису эрозии. Поэтому дельтовые области, области крупных прибрежных низменностей и низменностей больших внутриматериковых депрессий будут наиболее долго существующими и сходными во все периоды жизни Земли биотическими обстановками. Эти обстановки являются как бы резервуарами древних экологических типов, сохраняющихся здесь и отсюда распространяющихся во все сходные и более кратковременно существующие новые фации, входя в состав все более и более новых биоценозов. Не случайно, что крокодилообразный экологический тип является одним из наиболее древних и наиболее характерных. Он же существует и в настоящее время, в той же дельтовой фауне, в которой возник в отдаленном прошлом. Крупные стегоцефалы нижнего карбона, пеликозавры самых низов перми, более поздние водные стегоцефалы верхней перми и триаса, крупные текодонты (эозухии) триаса, псевдозухии юры и, наконец, настоящие крокодилы — все в общем являются одним и тем же экологическим типом. Интересно, что даже более мелкие подразделения этого типа, подобные гавиалам современности, встречаются в перми и триасе у стегоцефалов, в триасе и юре у эозухий и псевдозухий. Преобладание крокодилообразного экологического типа среди остальных типов фауны сильнее всего выражено у дельтовых палеозойских «фаун» и постепенно в более поздних наземных фаунах становится все меньше. Интересно, что млекопитающие в своей многообразной адаптивной радиации совсем не дали подобных крокодилам экологических типов. Современные крокодилы, сами по себе являясь весьма древней группой рептилий, существуют в полном благополучии именно в наиболее древних по своему фациальному характеру современных физико-географических обстановках. Эти же древние фациальные обстановки служили в прошлом и служат в настоящем областью сохранения саламандрообразного экологического типа, еще более древнего, чем крокодилообразный. Отсюда тритоны, саламандры и другие амфибии входили в состав разных биоценозов в самых различных областях материков, вплоть до высокогорья.

Древние дельтовые экологические типы находятся в убывающем числе во все более молодых слоях, так как зоны сохранения еще располагаются низко и большинство молодых дельт находится или глубоко над позднейшими осадками или просто еще не закончило своего формирования, находясь под водой и продолжая существовать в виде современных дельт. Подобное убывание древних экологических типов по мере движения вверх

из глубины времени ведет к общеизвестной редкости их в молодых осадках кайнозоя. Крупные местонахождения древних типов еще погребены глубоко на современных материках. Поэтому так удивительны для нас «внезапные» находки крокодилов невероятных размеров, остатки которых изредка попадаются в Сиваликских местонахождениях Индии или верхнетретичных отложениях США, подобных недавно найденному *Phobosuchus*, или отдельные находки костей гигантских монотремат и т. п. Можно с определенностью предположить, что исследования больших местонахождений в ультрафациях кайнозоя дадут нам такие находки древних экологических типов, которые несколько изменят наши современные представления об общем балансе фауны «века млекопитающих».

Устойчивость близких к общему базису эрозии наземных биотопов определяет преобладание тех или иных форм приспособления в древних ископаемых фаунах, зачастую вне зависимости от общей эволюционной ступени развития. Так, кроме отмеченного выше крокодилообразного экологического типа, в местонахождениях наиболее древних наземных позвоночных преобладают роющие и ночные формы. В пермских фаунах известно много форм, обладающих весьма сходным общим строением — экологическим типом мелкого ночного прибрежного хищника с огромными глазами и слабым озублением. Подобные формы дают и древние котилозавры и более высокоорганизованные пеликозавры и еще более поздние эозухии, причем во многих чертах строения скелета развивается конвергентное сходство. Роющие формы еще более распространены в древних фаунах и возникают среди стегоцефалов, котилозавров и даже терапсид. Интересно, что первые крупные травоядные котилозавры — нижнепермские диадектиды, принадлежащие к экологическому типу водного тяжелого роющего животного, внешне могущего быть сравнимым с современными гиппопотамами, обладают кажущимся более прогрессивным характером строения черепа, чем аналогичные им более поздние верхнепермские парейазавры. У последних крыша черепа совершенно сплошная и более сильно утолщенная, обладает более ярко выраженной анапсидностью, скрывающей, однако, гораздо более прогрессивную мозговую коробку. Такое строение является лишь более совершенным проявлением роющего типа. Этот случай показывает необходимость глубокого изучения особенностей формы и опасность быстрых выводов, основанных на отдельных признаках, полученных сравнительно-анатомическим методом. Скелет роющего типа очень сходен у генетически совершенно разнородных групп и отличается сохранением крайне примитивной локомоции. Так, скелет млекопитающих утконоса или ехидны гораздо более сходен со скелетом парейазавра и через него со всеми древними рептилиями, чем со скелетом млекопитающих или более высоко организованных рептилий архозавров.

Преобладание сходных форм приспособления в той или другой фауне, конвергентное сходство разнородных групп через одинаковые экологические типы давно уже стало известно в палеонтологии, но обычно объяснялось сходством условий существования всей фауны в целом. Отсюда делались нередко более широкие палеогеографические и палеоклиматические выводы. Тафономический анализ дает возможность подойти к вопросу несколько иначе, показывая, какие экологические типы и какой набор форм приспособления преимущественно сохраняются в геологической летописи, и, с другой стороны, объясняя долговечность существования некоторых экологических типов, как бы проходящих через всю смену бесчисленных фаун в истории наземной жизни. Это сужает универсальное значение типичных адаптаций, показывая их настоящее место в многообразии подлинно существовавшего животного мира. В то же время характер преобладающих в фауне адаптаций вскрывает особенности образования

данного местонахождения (но не определяет тип осадка) и тем самым позволяет выяснить элемент случайности в оценке эволюционной ступени данной фауны.

Закономерность выпадения из геологической летописи определенных возрастных стадий также имеет влияние на эволюционные палеонтологические построения. Выпадение всех молодых постэмбриональных стадий развития животных организмов и большая редкость захоронения старых особей обусловливает то обстоятельство, что в ориктоценозах подавляющее большинство форм представлено особями некоего среднего возраста. Древние наземные формы — амфибии и рептилии — отличаются весьма медленным ростом и медленным постэмбриональным развитием при большой продолжительности жизни. Законченные черты адаптивной специализации приобретаются у таких форм на весьма поздних стадиях индивидуальной жизни, и молодые особи во многих чертах зачастую отличаются от старых, не говоря уже о широком диапазоне размеров животных. Огромный диапазон возрастных изменений у древних наземных позвоночных до сих пор не был бы известен, если бы мы не имели случаев массового захоронения различных по возрасту особей одного вида, известных пока в крайне небольшом числе местонахождений. Богатые местонахождения разновозрастных особей— пермского лабиринтодонта *Archegosaurus* в красном лежне Германии и недавно открытые местонахождения лабиринтодонта *Benthosuchus* в эотриасе СССР—впервые позволили охватить диапазон возрастных изменений от очень молодых особей, недавно прошедших метаморфоз, до очень старых с черепами около метра длины. Даже в этих местонахождениях крайние возрастные стадии чрезвычайно редки и представлены или единичными экземплярами или только обломками (старые особи). Изучение материала показало, что найденные отдельно возрастные стадии несомненно принимались бы за разные формы. Редкие находки молодых особей пеликозавров в пермской фауне Северной Америки определены как особые, более примитивные формы (*Glaucosaurus*, *Mycterosaurus*). Первый помещен даже в особое семейство. Еще более редкие находки старых особей с очень резкими выражениями присущей данной форме специализации также выделены в особые роды. В качестве примера приведу систематику пермских дейноцефалов Южной Африки, где род *Anteosaurus* является более старой особью рода *Jonkeria*, роды *Tapinocephalus* и *Mormosaurus* — старыми особями рода *Moschops* и т. д. Ошибки в определении эволюционной стадии и систематической принадлежности проявляются особенно резко у форм с значительной, наглядно выражающейся в скелетных особенностях, возрастной изменчивостью.

На основе тафономических закономерностей сохранения возрастных категорий должен быть произведен пересмотр фаунистического состава местонахождений древних наземных позвоночных. При этом пересмотре число отдельных форм и даже семейств, описанных в таких «фаунах», как Каррoo, Красные Слои, верхнекарбоновые местонахождения стегоцефалов, триасовые и пермские местонахождения наземных позвоночных СССР и Европы, некоторые местонахождения динозавровой мезозойской фауны,— заметно уменьшится и самые фауны получат более ясную эволюционно-экологическую характеристику.

Редкость нахождения старых особей в больших местонахождениях ультрафаций палеозоя и мезозоя характерна только для отложений подобного же типа. В небольших местонахождениях инфрафаций кайнозоя, и особенно верхнего, мы имеем, наоборот, более частые нахождения именно старых особей. Этот факт в тафономическом освещении делается вполне понятным, если вспомнить, что мелкие инфрафации верхов кайнозоя, сохраняясь благодаря небольшому периоду протекшего геологического

времени, сохраняют и свои маленькие местонахождения, для образования которых зачастую достаточно одного индивида крупного животного. В таких инфрафациях мы находим, следовательно, и ту часть наземной фауны, остатки которой рассеиваются по субаэральной поверхности в результате естественной смерти индивидов (см. рис. 39). Большие животные, для которых не так опасны хищные формы, имеют больше возможности дожить до глубокой старости, и опять-таки не случайным является то, что большая часть мелких местонахождений молодых геологических горизонтов содержит единичные остатки слонов, носорогов, мастодонтов и т. д. Совершенно очевидно также, что старому животному в последние дни его жизни легче завязнуть в болоте, утонуть в реке, свалиться в трещину, чем индивиду в расцвете сил, и тем самым попасть в условия захоронения.

Частое нахождение старых особей крупных ископаемых млекопитающих привело к своеобразным представлениям о «переспециализации», переразвитии некоторых органов, высказанным некоторыми палеонтологами (Соболев, Абель, Осборн). Сюда же отчасти относятся и корни представлений об «инерции» эволюционного развития (Абель). Эти представления, вызванные нахождением форм с гипертрофированными до бесполезности некоторыми органами (главным образом боевыми — клыки, рога), имели в своей основе ошибочное принятие очень старых особей за типичные, нормальные индивиды, произведенное без учета выборочного характера захоронения. Развитие некоторых органов, и особенно органов питания, защиты и нападения, в течение индивидуальной жизни регулируется так, чтобы износ соответствовал росту. Максимальный эффект данный тип боевого приспособления должен приносить в зрелые в половом отношении лета индивида. Общеизвестны примеры роста клыков у кабанов, острых и мощных у секачей, и искривленных и бесполезных у стариков, или роста резцов у грызунов по мере их истирания, копыт и т. д. Боевые органы рассчитаны на очень интенсивную деятельность, что неминуемо и происходит в обычных условиях существования животного. В случае особо благоприятных условий, позволяющих животному дожить до глубокой старости, износ становится меньше роста, равновесие нарушается, и прогрессирующее ослабление индивида еще более усиливает бесполезную гипертрофию органа. Таким образом, в случае захоронения отдельных особей, доживших до глубокой старости, мы весьма часто можем встретить гипертрофированные органы, что, естественно, ничего общего ни с «переспециализацией», ни с «инадаптацией» не имеет. Примером могут служить отдельные находки мамонтов с очень сильно закрученными бивнями. Очевидно, в этих случаях мы имеем захоронение наиболее старых особей, у которых бивни уже превратились в бесполезное бремя, но именно поэтому, вследствие своего преклонного возраста, эти особи и попали в захоронение. Примеров подобного переразвития гипертрофированных органов, принимаемых нами за нормальные, свойственные данной форме, в результате отрывочного захоронения исключительно старых особей, имеется достаточное число. Поэтому всякие случаи нахождения «переспециализации» должны прежде всего анализироваться с точки зрения условий захоронения.

Интересно рассмотреть с тафономической точки зрения отсутствие в настоящее время более или менее полных находок примитивного человека. Если утверждение П. П. Сушкина (1928) о горном местообитании древнейшего человека верно, то отсутствие его остатков является вполне закономерным, поскольку фации горной обстановки существуют очень короткий срок и отложения горных областей (не считая предгорных впадин) являются инфрафациями даже для очень близкого нам времени.

Последние открытия в области палеоантропологии, сделанные в Южной Африке и на Яве, показали наличие разнообразных форм, близких к предкам

человека. Это прямоходящие питекантропообразные формы, в некоторых случаях отличающиеся необыкновенной толщиной костей черепа или исполинским ростом, значительно превосходящим размеры современных горилл (Weidenreich 1945). Таким образом, мы вправе утверждать, что в эпоху формирования человека разнообразие его форм было несомненно бо́льшим, чем это представлялось еще совсем недавно. Отсюда следует, что основные положения тафономии и здесь имеют свою силу.

Представление о документации эволюционного процесса наземных позвоночных геологической летописью заставляет признать невозможность построения детальных конкретных филогенезов на палеонтологическом материале для самых мелких систематических категорий наземных животных.

Для морских фаун мы встречаемся с обратным явлением — конкретные филогенезы мелких систематических единиц документированы чрезвычайно полно, в то время как связи крупных подразделений или групп вовсе утрачены. Это явление связано с очень полным захоронением неподвижной морской фауны только в благоприятных местах и отрезках времени. Связи же между этими полносохранившимися фаунами в перерывы отложений полностью нарушаются. Подвижные наземные формы имеют возможность попадать в районы седиментации из различных областей и тем самым давать связующие звенья именно между крупными таксономическими категориями.

В заключение настоящей главы рассмотрим еще одну важную сторону освещения эволюционного процесса тафономическими исследованиями.

Для обеспечения биологического прогресса наземных травоядных весьма важное значение имеет кормовая база, слагающаяся из всей совокупности биотической обстановки. Если для хищных древних форм здесь имеет значение общий баланс сопряженных биоценозов, то с появлением травоядных огромным стимулом к разнообразию адаптаций становится наземная флора. Первые известные нам в настоящее время травоядные формы появляются с нижней перми, однако нет данных отрицать их наличие и в еще более древние периоды наземной жизни, из которых мы пока знаем только амфибий. Среди амфибий нет травоядных адаптаций, но нам известны личинки амфибий, питающиеся также и растительной пищей. Возможно, что для личинок древних амфибий растительность карбона являлась, хотя бы частично, кормовой базой. Развитие наземной растительности и продвижение ее внутрь материков обеспечило расширение кормовой базы для наземной фауны, расселение которой, повидимому, началось несколько позже.

Возникновение травоядных форм в различных древних группах рептилий сразу расширило кормовую базу и определило возможность новых адаптивных радиаций для растительноядных и для хищных форм на базе первых. Поэтому расцвет древнейшей наземной растительности, отраженный хотя бы в каменноугольных отложениях, неизбежно должен был вызвать мощную адаптивную радиацию наземных позвоночных. Появление питательных плодов еще более расширило кормовую базу травоядных наземных позвоночных и дало возможность животным питаться более концентрированной пищей, иными словами, определило своеобразный ароморфоз питания — освобождение от необходимости поедания огромных количеств малопитательной растительной массы. Развитие наземных позвоночных находилось в теснейшей зависимости от эволюции наземной растительности. Насколько важным в истории наземных четвероногих был вопрос о кормовой базе, показывает строение млекопитающих. Переход от примитивной рептилии к настоящему млекопитающему, если мы возьмем только скелет и его важнейшую часть —

череп, сводится к эволюции челюстного аппарата. Именно в развитии мощных челюстей и зубов, способных к эффективному усвоению (раздроблению) растительной или животной пищи, проявляется основной прогресс от низших четвероногих к высшим типам наземных позвоночных. Мощность челюстного аппарата, выраженная в мощности жевательных мышц и исключительной прочности челюстей, зубов и челюстных сочленений, у млекопитающего или высшего представителя зверообразных рептилий в десятки или даже сотни раз больше мощности челюстей у более примитивных древних форм.

История развития наземных растений еще плохо известна, что находится в соответствии с закономерностями захоронения. Эволюция наземной фауны позвоночных, за отдельными исключениями, еще не подвергалась детальному рассмотрению в связи с эволюцией растительности, особенно для древнейших эпох наземной жизни. В этом важном вопросе тафономия может оказать неоценимые услуги. Прежде всего, тафономия так же важна для наземных флор, как и для наземных фаун. Кроме того, ультрафации, вмещающие местонахождения наземных фаун, обладают очень часто и местонахождениями наземной флоры. Сопряженный тафономический анализ фауны и флоры может дать многое для выявления характера растительности в областях непосредственного обитания наземной фауны.

ГЛАВА VIII

РЕКОНСТРУКЦИИ ОБРАЗА ЖИЗНИ ДРЕВНЕЙШИХ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ, ЛАНДШАФТОВ И КЛИМАТОВ ПРОШЛОГО; АКТУАЛИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД В ТАФОНОМИИ

Применение данных палеонтологии для восстановления биоценозов и фаций древних геологических эпох находится в чрезвычайной зависимости от тафономических исследований. Функциональная морфология древних форм вследствие больших отличий этих форм от современных зачастую не может дать определенных указаний при попытках экологического истолкования значения наблюдаемых приспособлений. Тогда палеонтологу приходится обращаться к местонахождениям, ибо исследование местонахождений есть второй и последний путь получения данных о жизни и жизненных обстановках прошлого.

Именно в этот момент наступает расплата за вековое пренебрежение изучением местонахождений. Их крайне малая исследованность неминуемо отражается в крайней примитивности и очень малой обоснованности наших палеобиологических реконструкций.

Большинство подобных реконструкций выполняется на основе случайно подобранных актуалистических примеров, дополненных совершенно фантастическими представлениями. Как правило, фаунистический и флористический состав ориктоценозов принимается за подлинный биоценоз, а фациальная обстановка района захоронения остатков животных — за обстановку обитания фауны. Даже самые новые работы наполнены подобной фантастикой в оценке генезиса местонахождений, например, трактовка замечательного местонахождения триасовых тритилодонтов — крайне близких к млекопитающим тероморф, в известняковых «карманах» в Сомерсете в Англии, как сохранившегося в ископаемом состоянии логова хищного зверя, питавшегося тритилодонтами! Нетрудно видеть, что подобная «реконструкция» могла явиться только результатом полнейшего непонимания генезиса местонахождений вообще.

Разберем подробнее характер ошибочных реконструкций на примере хорошо известного местонахождения пермских наземных позвоночных на Северной Двине, открытого В. П. Амалицким и подвергавшегося не раз палеобиологическому анализу как русскими, так и иностранными учеными. Неверные реконструкции этого местонахождения прочно вошли в мировую литературу. Песчаные линзы в мергельных толщах, содержащие северодвинскую фауну, трактуются как ископаемые русла реки, протекавшей в пустынной низменной области, почти лишенной флоры, так как в местонахождении встречаются только листья глоссоптерисов, и то сравнительно редко. Реконструкции этого местонахождения показывают северодвинскую фауну в качестве прибрежного пустынного био-

ценоза. Крупные парейазавры, горгонопсии и дициподонты ползают под палящим солнцем, по песчаным дюнам, с редкими чахлыми кустарниками глоссоптерисов. Нужно удивляться тому, что до сих пор никто не обратил внимания хотя бы на резкое несоответствие между количеством огромных парейазавров и возможной в подобной пустыне растительной кормовой базой. Водных растений, поскольку они отсутствуют в местонахождении, также не изображают на реконструкции. Помимо геологического строения местонахождения главным доказательством пустынного характера обстановки северодвинской фауны является наличие стегоцефала *Dvinosaurus* — своеобразной неотенической формы, пермского аналога современного аксолотля. При этом упускается из виду, что большое количество других наземных четвероногих в северо-двинской фауне, обладающее ярко выраженными адаптациями к приречному существованию, могло развиваться только при наличии достаточно крупных и постоянных водных бассейнов с устойчивой кормовой базой, т. е. в обстановке, которая сама по себе не могла обусловить неотению *Dvinosaurus*.

Более детальное ознакомление с Северо-Двинским местонахождением показывает, что фауна захоронялась отнюдь не в месте своего обитания, а в подводных рукавах большой дельты, куда приносились и накапливались плавающие трупы наземных позвоночных. Плавающие трупы поступали в дельту повидимому в периоды больших половодий, которые сносили остатки животных также из временных мелких водоемов, расположенных в низменностях, откуда могли поступать и остатки *Dvinosaurus*. Половодья обусловливали привнос песчаных осадков и размыв отлагавшихся в меженные периоды тонкозернистых осадков мергельной толщи. Остатки нежной водяной растительности подвергались истиранию и разложению и не сохранились, а более жесткие остатки каламитов и глоссоптерисов в большинстве случаев выносились дальше скелетов, лишь изредка отлагаясь вместе с остатками животных. Несомненно, что половодья захватывали различные участки прилегающей к водному потоку низменности, и фауна, поступавшая в захоронение, вовсе не представляла единого биоценоза, хотя безусловно принадлежала к одной и той же экологической области. Таким образом, в местонахождении были сгруппированы формы, обитавшие по берегам крупных водных артерий в богатых растительностью болотах, как парейазавры, дициподонты и горгонопсии, и формы, жившие в более удаленной от реки засушливой низменности с мелкими, временными водоемами, как *Dvinosaurus* или мелкие териодонты *Dvinia*. Картина генезиса Северо-Двинского местонахождения по самым несовершенным данным тафономического исследования резко отличается от общепринятых реконструкций не только в отношении биотической обстановки для фауны, но и в основных палеогеографических и палеоклиматических представлениях.

Реконструкций, подобных реконструкциям Северо-Двинского местонахождения, существует в палеонтологической литературе еще очень большое число. Весьма интересно, что в большинстве реконструкций мы встречаем, за незначительными вариациями, одну и ту же трактовку обстановки обитания фауны и возникновения местонахождений, чрезвычайно сходную с представлениями о северо-двинской фауне — обязательная река с зарослями тех или иных растений по берегам, в которых кишат различные животные, а в удалении голая пустынная равнина или низменность, иногда с лужами воды... Таковы реконструкции многих местонахождений пермской фауны для Каррoo, и для Красных Слоев, и для красного лежня Германии, и для триаса Южной Америки. Сходные картины рисуются для большинства местонахождений мезозоя. Только для кайнозойских реконструкций мы встречаемся с большим разнообразием ландшафта

и растительности благодаря несравненно лучше известной флоре. Отмеченное сходство реконструкций, особенно сильно выраженное для местонахождений палеозоя и мезозоя, разумеется, не случайно и вызывается незнакомством с процессами образования местонахождений наземной фауны и неисследованностью самих местонахождений. Естественно, что при весьма примитивных представлениях мы можем отразить только какие-то главные черты строения, грубо проявленные в каждом местонахождении. Эти черты являются общими для больших местонахождений, погребенных в мощных дельтовых толщах или толщах других ультрафаций низменных областей, типичных для древних эпох геологической летописи. Костеносные слои содержат обычно лишь жалкие остатки перетертой растительности или обтертые окорененные бревна, принесенные издалека в пловучем состоянии, и окружаются обширными промежутками «мертвых» пород. Именно отсюда и происходит распространенное представление о низменностях и всегда пустынных («мертвые» вмещающие породы), характерные для реконструкций наземной жизни палеозоя и мезозоя. Более разнообразные местонахождения в инфрафациях кайнозоя, естественно, даже при поверхностном обследовании дают больше материала для суждения об условиях обитания животных, почему и вызывают менее однообразные и более «живые» реконструкции.

Основной ошибкой в распространенных реконструкциях древних периодов наземной жизни является полное отсутствие представления о характере областей, в которых происходит захоронение. Нужно всегда помнить, что палеозойские и многие мезозойские местонахождения — это в большинстве случаев далекие выносы органического материала из областей обитания фауны в крупные водные бассейны. В этих выносах потеряна почти вся растительность и сами выносы незначительны в сравнении с огромной массой вмещающего осадка, которая на большей части своего протяжения остается «мертвой», не охарактеризованной фауной. Однако образование этой «мертвой» толщи протекает в условиях, ничего общего не имеющих с обычно рисующимися нашей фантазией «пустынностью» и «безжизненностью», «сухостью» и «жарой». Наоборот, наибольшая часть «мертвых» толщ отложена под водой или, во всяком случае, при изобилии вод.

Представления о пустынных, безжизненных равнинах прошлого господствуют не только в реконструкциях жизни наземной фауны, но также весьма распространены в палеогеографии и палеоклиматологии. Отсюда и происходит укоренившийся взгляд на большинство континентальных пестроцветных отложений, как на пустынные образования; предположения о широком распространении пустынь в прошлые геологические эпохи, в частности, в девоне и в перми; о сухом и жарком климате, якобы господствовавшем в пермском периоде, и многие другие. Характерным примером распространенных и общепринятых ошибок в палеогеографических реконструкциях на основе местонахождений наземных позвоночных могут служить исследования американских экспедиций в Монголии. Положившись на поверхностный анализ одного из местонахождений (Баин-Дзак), отличающегося к тому же особым фациальным характером, американские ученые единодушно пришли к заключению о пустынном режиме монгольской суши в меловую эпоху. Отсюда следовал вывод об отсутствии разнообразной и богатой фауны крупных динозавров, характерной для озерных осадков других стран. Другое крупное местонахождение (Ирен-Дабасу) представлялось исследователям чуть ли не как место огромного побоища между динозаврами из-за скудного количества воды на пустынной равнине (Эндрьюс).

Советские палеонтологи, начиная исследования монгольских местонахождений, исходили из другой, тафономической, концепции их. Резуль-

татом явилось открытие в Монголии богатой фауны крупных динозавров, содержащей все типичные компоненты. Тем самым было изменено и самое представление о физико-географическом режиме монгольской суши в меловую эпоху.

Не говоря уже о распространенных ошибках восстановления физико-географических и климатических условий прошлого по плавающим трупам наземных позвоночных, могущим быть вынесенными весьма далеко от областей их подлинного обитания, мы можем отметить более трудно распознаваемые ошибки, происходящие от недооценки условий захоронения. Так, наличие во многих местонахождениях флоры ксерофитного характера заставляет предполагать существование засушливого климата, часто хорошо совпадающего с «пустынностью» представляющихся нам «равнин» прошлого. Примером можно взять дельтовые верхнепермские отложения Западного Приуралья — медистые песчаники и другие фации. Углубленное изучение петрографии слагающих эту толщу пород вместе с изучением наземных позвоночных приводит к представлению об обилии вод, стекавших со снежных Уральских гор и образовавших мощный пояс дельтовых осадков. Однако остатки флоры из этих же местонахождений показывают ее явственно ксерофитный характер, что и заставляло палеоботаников высказываться о сухости климата во время отложения медистых песчаников. Тафономическое изучение этого противоречия показало, что большинство растительных остатков обладает очень плохой сохранностью и истерто до степени растительного детрита. Наилучшей сохранностью обладают сравнительно редкие остатки ксерофитов. Сохранность ксерофитов стоит в прямой связи с прочностью их наружных покровов, обеспечивающих сохранение частей растения, в то время как более нежные водолюбивые растения или разложились, или были истерты при переносе. Таким образом, растения из более близких к области сноса районов захоронения или из областей сноса не сохранились. Ксерофиты, росшие на субаэральных участках дельты, нередко образующих небольшие площади полупустынного характера, сохранились и, попадая при размывах и наводнениях в захоронение, придавали флоре явственно ксерофильный оттенок. Значение тафономии для решения конкретных вопросов палеоклиматологии, подобных только что приведенному, трудно переоценить.

Наличие гипса и соли в древних отложениях обычно всегда принималось за доказательство пустынного, засушливого климата. Однако изучение современных явлений в некоторых случаях указывает на отложение гипса и соли среди вполне пригодных для обитания климатических обстановок. Так, известно происходящее в настоящее время отложение соли и гипса на коралловых атоллах Мальден и Джервен, находящихся у экватора в условиях влажного морского климата. Необходимое для отложения гипса сильное испарение вызывается особыми комбинациями пассатных ветров, обеспечивающими отсутствие дождей на островах. В северном конце Калифорнийского залива, в Imperial Valley, дельта Колорадо отрезает угол залива, который заполнен в настоящее время солью. Обильная животная и растительная жизнь и масса пресной воды находятся, таким образом, в самой непосредственной близости к накопляющей соль лагуне. Подобные случаи могли иметь место и в прошлом, поэтому для более точных палеоклиматических исследований наличие отдельных соляных или гипсовых массивов сравнительно небольшого размера еще не является убедительным и тут на помощь должна придти тафономия местонахождений данного района.

Палеоклиматология и палеогеография материков наиболее древних эпох наземной жизни затруднена уничтожением инфрафаций во времени, поэтому всякое решение подобных вопросов должно производиться

путем всестороннего учета основных закономерностей сохранения осадочных толщ во времени и закономерностей образования местонахождений. Отдельные куски поясов ультрафаций материков, разорванных и значительно стертых последующими денудациями, при изучении заключенной в них наземной фауны и флоры могут создавать впечатление разорванных ареалов обитания (в случае правильной синхронизации). Неправильная синхронизация приведет к представлениям о реликтовых или мигрирующих на огромные расстояния фаунах. Фауны пермских рептилий гондванского типа (зверообразных), ярким выразителем которых является южноафриканская фауна Карроо, могут являться иллюстрацией сказанному. Богатые местонахождения гондванской фауны, найденные помимо Африки еще в СССР, Южной Америке и Индии, считались возникшими в результате миграции. Огромные расстояния до 100 градусов широты, существовавшие по палеогеографическим схемам на пути моря, не принимались во внимание. Последующие находки гондванской фауны в Центральной и Восточной Африке, в Центральной Азии (Синцзянь) и в Южной Сибири (Кузбасс), в Китае и Индостане значительно расширили первоначальные «островки» обитания и показали, что мы в действительности имеем дело с фауной очень широкого распространения, приуроченной к крупному климатическому поясу — умеренной зоне пермского периода. Дальнейшие находки в будущем, несомненно, покажут еще более широкое распространение гондванской фауны.

Отсутствие местонахождений в промежуточных географических областях с точки зрения тафономии не только не свидетельствует о разрывах ареалов обитания, но, наоборот, может служить указанием на непрерывность этого ареала. Основная арена жизни наземной фауны — субаэральная поверхность материка — не сохраняется во времени, остается «пустотой» и только ультрафации по ту и по другую сторону материка содержат местонахождения фауны, принадлежащей зачастую одной и той же зоогеографической области. Последнее особенно характерно для палеозоя и мезозоя ввиду гораздо меньшей резкости климатических зон древних периодов в сравнении с современностью, являющейся еще не закончившейся ледниковой эпохой. Закономерности сохранения континентальных осадочных толщ и остатков наземных флоры и фауны во времени заставляют по-новому пересмотреть вопрос о древнейших материках и их связях между собою. Рассмотрение этих вопросов не является задачей настоящей работы, но все же необходимо отметить, что закономерности образования геологической летописи в общем говорят против эпейрофорезов или передвижения материков на земной поверхности. Многие факты, как бы свидетельствовавшие о наличии эпейрофорезов, могут быть объяснены с точки зрения закономерностей литолеймономии, а палеоклиматические данные получат существенно новое освещение после детального анализа условий образования местонахождений фауны и флоры. Крупные оледенения верхнего карбона, свидетельствующие о сравнительно холодном и влажном климате начала перми, по характеру распространения ледниковых ультрафаций —тиллитов—более похожи на оледенения высокогорий или высоких горных плато, чем на охватывающие всевозможные области полярные оледенения. Действительно, тиллитовые фации обладают поясным расположением и образовались, повидимому, при непосредственном спускании ледников к морю и пагромождении моренного материала ниже базиса эрозии. Подобный характер тиллитовых фаций точно соответствует закономерности сохранения близких к базису эрозии ультрафаций и показывает, с одной стороны, на крупные размеры происходившего процесса, а с другой, на то, что тиллиты являются частями поясов ультрафаций материков своего времени. Пермокарбоновые тиллиты

геологическими исследованиями последних лет начинают обнаруживаться в различных местах северного полушария, как, например, у нас в СССР — на Урале и в Восточном Казахстане (хр. Саур). Нужно думать, что дальнейшие исследования покажут еще более широкое распространение пермокарбоновых тиллитов. Если принять во внимание географическое расположение крайних точек нахождения следов пермокарбонового оледенения — пятьдесят градусов к северу и пятьдесят к югу от экватора,— то придется притти к предположению об оледенениях высокогорного характера, широко распространенных на земной поверхности при наличии высоких поднятий материков на границе перми и карбона. В тех случаях, когда возвышенные участки материков подходили близко к морю, т. е. происходило резкое сужение зон сохранения материковых фаций, льды больших ледников спускались прямо в море, отлагая ультрафации тиллитов. Эти ультрафации сохранились во времени, образуя разорванные участки, зачастую с трудно объяснимым с точки зрения всеобщего оледенения распространением. Тиллиты менее крупных ледников даже и в случае расположения в зоне сохранения, т. е. ниже базиса эрозии или в пределах, близких к нему, подвергались закономерному уничтожению во времени или же сохранению в виде сравнительно небольших участков, которые будут теперь обнаруживаться при детальных геологических исследованиях. Во всяком случае, пересмотр данных об оледенениях пермокарбона с точки зрения литолеймономии представляет большой интерес и имеет большое значение для анализа эволюции наземной фауны. В настоящее время можно считать доказанным, что разнообразная и многочисленная фауна гондванских зверообразных рептилий, давшая в процессе своей эволюции переход к высшему классу наземных позвоночных — млекопитающим и выработавшая тип теплокровного животного, развивалась именно в зоне распространения пермокарбоновых оледенений. Влияние особенностей климата этой эпохи на эволюцию наземных позвоночных несомненно. Поэтому изучение крайне сложного вопроса об оледенениях пермокарбона при помощи литолеймономии и тафономии настоятельно необходимо.

Во всех без исключения задачах, с которыми сталкивается палеонтология в деле реконструкций древнейшей наземной жизни, условий обитания, географии и климатологии прошлого, чрезвычайно сильно сказывается наше нетерпимо слабое знакомство с огромным разнообразием экологических ниш и фациальных обстановок осадконакопления современности.

Так, мы совсем еще не можем различать сходные по характеру, но различные по генезису осадки. Поэтому, пока многообразие современных осадков для нас сильно преуменьшено вследствие отсутствия достаточных данных, различные ископаемые осадки также кажутся нам «все на одно лицо». Грубость господствующих методов изучения осадков определяет упрощенный подход к расшифровке их генезиса, так портящий большинство палеогеографических и палеоклиматологических построений.

Тафономия и литолеймономия, поскольку они оперируют с историческим развитием и тонкими особенностями формирования осадков, совершенно не могут обойтись без проверки своих данных методом актуализма — дальнейшим изучением современных процессов осадконакопления и современной деструкции осадков на материках. Однако, поскольку обе эти отрасли исторической геологии и палеонтологии имеют дело с судьбами документов геологической летописи во времени, и времени очень древнем, необходимо считаться с принципом неповторимости, специфичности геологических процессов в различные периоды истории Земли и жизни.

Для теоретических исследований, базирующихся на актуалистических методах, этот принцип кажется весьма сужающим возможность применения актуалистических данных для древнейших периодов геологической истории. Поэтому на разборе принципа неповторимости мы остановимся несколько подробнее.

В третьем десятилетии нашего века в геологии наблюдалось течение против вульгарного актуализма, ранее широко распространенного в геологических исследованиях. Видные геологи подвергли критике принцип актуализма [Кайзер, Бубнов 1935, Куммеров, Саломон-Кальви 1918, 1926, 1933 и др.] и пытались показать, что ряд геологических процессов древних периодов земной истории не имеет аналогов в современности. Разумеется, если говорить о развитии фаций как о смене качественно различных явлений и появлении существенно новых фаций, подобно эволюции жизни, мы неминуемо должны притти к пониманию того, что ряд явлений далекого геологического прошлого был неповторим и отличен от явлений современности. Однако необходимо подчеркнуть, что весьма важным в этой проблеме является вопрос о размерах или степени этих неповторимых явлений.

В критике принципа актуализма мы сталкиваемся также с упрощенным представлением о неповторимости прошлых явлений, которого следует избегать нисколько не менее, чем вульгарного актуализма. Более того, возможность ошибок в такой трактовке принципа геологической неповторимости значительно больше, чем при пользовании упрощенным актуализмом.

Основой этих ошибочных представлений отчасти является то же самое игнорирование деструкции во времени, утеря временной перспективы, о которых мы говорили выше. Так, многие новейшие исследователи выдвигают положение об усложнении рельефа земного шара в течение геологических эпох, опираясь на общеизвестный факт различной распространенности сходных континентальных фаций в разные геологические периоды. Для древних периодов характерна широкая распространенность сравнительно небольшого числа фаций, для более поздних — увеличение числа и разнообразия фаций за счет сокращения их пространственных размеров. Нетрудно видеть, что указанные соотношения являются точным следствием литолеймономической закономерности сохранения крупных и выпадения мелких фаций из геологической летописи материков. Равным образом, не может быть убедительной ссылка на отсутствие в современности некоторых ископаемых фаций. Исходя из периодичности осадкообразования, мы должны рассматривать современное осадкообразование как развивающийся процесс, могущий в дальнейшем дать типы осадков, подобные «неповторимым» ископаемым фациям. Учение о неповторимости геологических процессов прошлого нуждается в ограничениях, определяющих с т е п е н ь различия процессов прошлого и настоящего. Рассмотрим теоретические предпосылки этих ограничений.

Прежде всего нужно отметить, что для интересующего нас отрезка геологической истории Земли (середина палеозоя — современность) мы не имеем никаких определенных доказательств существенного отличия фазовых условий физико-географической обстановки на поверхности Земли от современных. Более того, существование сложных и высокоорганизованных наземных животных, обладающих строением, весьма мало отличающимся от современных в кардинальных системах органов, безусловно доказывает, что условия внешней среды на поверхности Земли в своем среднем выражении соответствовали современным. Наземные организмы, такие, как позвоночные, насекомые или прогрессивные типы растений, являются очень чувствительными индикаторами общих условий

внешней среды. Изучив строение этих организмов, выяснив типы приспособлений в адаптивных радиациях различных эпох, мы вправе утверждать, что такие факторы, как средние пределы температуры, условия солнечного освещения и характер радиации, давление атмосферы, гравитационная сила, скорость вращения Земли, количество воды и т. д., колебались лишь в крайне незначительных пределах в течение сотен миллионов лет геологической истории наземной фауны. Поэтому общий ход процессов осадкообразования и ряд основных типов осадочных пород в общих своих чертах однозначны во всех геологических эпохах интересующего нас отрезка времени. Это соображение особенно важно для анализа происхождения основного «скелета» каждой осадочной (за исключением чисто химических) породы — кластического седиментационного материала и, следовательно, попавших в нее органических остатков. Вот почему закономерности современного осадкообразования имеют для тафономии решающее значение несмотря на громадные периоды геологического времени. В этом же смысле должны быть ограничены антиактуалистические направления.

Несколько сложнее обстоит дело с вопросом о сингенетичных выделениях в осадочных породах. Но и тут можно указать, что многие древние осадочные породы, трактующиеся немецкими антиактуалистами как типы неповторимых осадочных отложений, на самом деле являются типами фаций, закономерно повторяющимися в связи с определенными тектоническими процессами. Таковы, например, медистые песчаники Приуралья — обогащенные медью дельтовые отложения Приуральской пермской эвримитемы. Привнос меди в осадочные породы явился результатом разрушения огромной полосы медных месторождений в момент деструкции определенной зоны Уральского хребта. В местных тектонических условиях разрушение медных месторождений совпало с накоплением продуктов этого разрушения в Приуральской пермской эвримитеме — типичной ультрафации, в которой медные соединения и сохранились. Подобные же соотношения, только с более далеким выносом медных соединений, мы видим в медистых сланцах Мансфельда, обычно трактующихся как «вымерший» тип осадков.

Суммируя рассмотренные выше положения, мы приходим к выводу о том, что различия процессов осадконакопления в разные геологические эпохи, в смысле гидродинамических основ седиментации и основных процессов диагенеза не могут быть признаны неповторимыми. Нужно думать, что в сравнительно мелких особенностях разновременных седиментаций могли иметь место неповторимые различия. Однако очевидно, что эти различия могут быть отражены лишь в тонких чертах строения осадочной породы на общем фоне значительного сходства типов пород. В качестве примера могут быть названы десятки типов глинисто-песчаных пород из дельтовых отложений самого различного возраста; черные глины небольших пресных водоемов и глубоких бухт с повышенной соленостью — те и другие крайне сходные с ископаемыми черными глинами олигоцена и верхней юры. Одно перечисление примеров такого большого сходства могло бы занять много страниц, охватив подавляющее число изученных типов осадков. Основные черты, так сказать, кластический «скелет» осадочной породы, определяющие тип осадка в пределах нашего пока еще грубого изучения, повторяются в огромном количестве пород. Все это свидетельствует о многократном повторении основных комбинаций факторов седиментации и литогенеза, о том, что условия, определяющие для нас тип породы, распространены в самых различных обстановках седиментации, внешне различаясь лишь количественно.

Поэтому для выявления неповторимых процессов древней седиментации необходимо гораздо более детальное изучение осадочных пород, чем применяющееся до сих пор. Нужно думать, что для выяснения особенностей генезиса породы решающее значение имеет состав сингенетических выделений осадочных пород, а не основной кластический или биогенный материал, который отражает преимущественно лишь условия переноса или, более редко, денудации исходных пород.

В вопросе об оценке степени влияния климатических особенностей прошлого времени на характер осадкообразования также нужно думать, что эти особенности не могли оказать глубокого влияния на основные процессы осадконакопления.

В своей критике антиактуализма в палеоклиматологии Кернер (Kerner-Marilaun 1934) пишет: «Пока дело касается крупных климатических факторов, нет, повидимому, оснований отклонить актуалистический подход. Нельзя забывать, что отрезок геологического времени, охватывающий историю фауны и флоры в геологической летописи, несмотря на огромную длительность является лишь небольшой частью периода существования Земли как планеты и солнца. Поэтому имевшие место перемены не могли быть значительны и трудно предполагать даже для кембрия условия отложений, значительно отличающиеся от современных, например, более сильное механическое выветривание вследствие более горячего солнца. Также не имеется прочной опоры для утверждения, что водные массы и соотношение составных частей воздуха могли бы значительно отличаться от современных в древнем палеозое».

В настоящее время морские отложения имеют свой характерный отпечаток влияния полярных холодных вод вследствие того, что большие пространства дна океанов открыты для их доступа. При ином расположении форм рельефа в прошлом могли образовываться океанические отложения другого, чем современные, характера. Если в прошлом имелось иное распределение суши с другими формами материков, то мог возникнуть обильный приток теплых вод в полярные области, устраняющий образование ледяных масс. Равным образом, очертания материков, как установлено современными исследованиями, весьма влияют на распределение воздушных потоков и морских течений. Так, заостренные окончания южных материков, вдающихся в океан, обусловливают наличие постоянных и сильных ветров и недаром носят у моряков название «бурных мысов». Континент, подобный Гондване верхнего палеозоя, распространявшийся по широте от Австралии через Южную Африку до Южной Америки, должен был быть причиной сильного похолодания в южном полярном бассейне, обусловив для лежащего от него на юг моря низкие температуры. Все эти отличные от современных обстоятельства, разумеется, могли оказывать существенное влияние на распределение флоры и фауны и различных типов осадков по поверхности Земли, иными словами, затруднять наши попытки анализа общих физико-географических условий. Однако различиями географического р а с п р е д е л е н и я многообразных фаций и биотопов в сравнении с современностью, для совершенно конкретной задачи анализа процесса образования местонахождений (как необходимой первой ступени накопления материала для более широких построений) можно практически пренебречь. Огромные пробелы нашего познания характерных черт строения земной поверхности в прошлом не позволяют ограничиваться хотя бы и весьма остроумными общими соображениями. Научная точность «общих» палеогеографических схем и палеоклиматологических сопоставлений еще весьма низка, поскольку всегда выполняется на основе широкого экстраполирования из ничтожной суммы известных фактов.

Исследование основных процессов образования осадочных пород в каждом конкретном случае накопления осадков местонахождения заставляет исходить только из гораздо более узкого и вполне конкретного сравнительного материала сходного типа современной седиментации, вне общих климатологических и географических характеристик. Поэтому в общем правильное суждение Куммерова (Kummerov 1932) о ненормальности современных климатических условий не может быть безоговорочно принято для сравнительного анализа осадков прошлого и современности, поскольку мы живем в еще не окончившейся вполне ледниковой эпохе. Неповторимость условий седиментации древнейших материковых отложений рассматривается в работах одного из виднейших антиактуалистов — Кайзера (Kaiser 1933). По его мнению, для наиболее древних периодов истории жизни, когда Земля еще не имела растительного покрова (кембрий, силур, девон), явления выветривания пород на поверхности континентов должны были иметь существенно иной характер. Эти беспредельные древние пустыни обусловливали обширное распространение быстрого физического выветривания. Под воздействием сильных и частых дождей могли развиваться обширные грязевые потоки (сили) с нагромождением грубообломочного материала. Подобная древняя пустыня, в противовес современной, была областью выноса; при отсутствии гумуса почвенные воды должны были быть щелочными и, следовательно, химизм грунтов был совершенно иным — гидролиз и растворение при быстроте сноса играли незначительную роль. В результате тонкозернистые кластические отложения, мелко размолотые физическим выветриванием, оказывались химически едва изменившимися. Таковыми можно считать древнепалеозойские слоистые глины и глинистые сланцы со значительным содержанием щелочей — продукт разрушения кристаллических сланцев. Кайзер рассматривает их как эолово-водные осадки альфитического характера. Граувакки этот же автор считает несколько раз переотложенным щебнем древней пустыни.

Аркозовые песчаники палеозоя являются массами пустынных песков, снесенных водами в моря или озера. Положение, развиваемое Кайзером, что отсутствие растительного покрова в раннепалеозойское время обусловливало более сильное выветривание, является по существу примитивно актуалистическим, так как исходит из современного состояния атмосферных процессов. Современные осадки и вихревые движения атмосферы обязаны резкой разнице температур между полюсом и экватором при наличии оледеневших полярных областей.

Напротив, в геологическом прошлом мы отмечаем преобладание периодов с отсутствием полярных льдов. Периоды оледенений были сравнительно очень короткими при огромной общей длительности времени. Поэтому гораздо более вероятно, что большая часть отложений образовалась при климате более ровном, чем современный климат нашей планеты. По Зандбергу (Sandberg 1932), восстановление условий древней пустыни, обусловленной не климатическими причинами, на основании современных сухих климатов является непоследовательностью, так как эти условия также решаются на основе чистого актуализма, вдобавок еще примененного неправильно. При изображении древних пустынь следует иметь в виду современные влажные области, лишенные растительности, какие имеются сейчас в высоких широтах, или тропические высокогорья, где, несмотря на обилие дождей и туманов, растительность не имеет возможности развиваться. Если бы условия в подобных областях современности не могли быть сопоставлены с условиями древней пустыни, тогда только мог бы быть признан негодным принцип актуализма. По мнению Зандберга, наоборот, при таком сравнении выявляется удивительное сходство. Равным образом,

спорным является предполагаемый щелочной характер грунтов, поскольку при энергичном выветривании роль минеральных кислот должна была соответственно увеличиваться.

Наконец, совершенно неясной является тектоническая характеристика областей древнего осадконакопления, рассматриваемых Кайзером. Очевидно, что весьма существенным для характеристики процессов накопления указанных осадков является их образование в платформенных или геосинклинальных областях.

Таким образом, при критике актуализма многие впадают в серьезные ошибки вследствие недостаточно продуманного подбора аналогичных прошлому условий современности. Подобная критика как нельзя лучше показывает всю недостаточность нашего знакомства с современными условиями седиментации. Равным образом, еще в первых главах мы отметили некоторые соображения, касающиеся возможности раннего развития растительного покрова на палеозойских материках, и этот вопрос еще далеко не решен окончательно. Во всяком случае, с большей долей вероятности можно принять, что в период времени, нас интересующий, т. е. с момента развития наземной фауны, достаточно обильной для того, чтобы захороняться в геологической летописи, растительный покров уже существовал, тем более в девоне, осадки которого анализируются Кайзером. Что касается собственно процессов захоронения наземной фауны, то оно несомненно зависело от предполагаемого развития древних пустынь, которые если и существовали, то в гораздо более ранние периоды геологического времени. Я не буду останавливаться на антиактуалистических воззрениях, касающихся или крупных изменений состава атмосферы или изменений внеземного, космического порядка — все они или оказались отвергнутыми современным фактическим материалом или не могут быть проверены вообще никакими имеющимися в нашем распоряжении данными. Изменение характера солнечной радиации или, особенно, соотношения световых волн разной длины, дающих, по Вильзеру (Wilser 1931), то минимумы, то максимумы ультрафиолетового излучения, на земной поверхности во всяком случае происходит в пределах, если и обусловливающих некоторое влияние на развитие органического мира, то уже не в таких, чтобы существенно влиять на седиментацию, иначе самое существование жизни могло бы вовсе прекратиться.

Гораздо более серьезным затруднением для актуализма является истолкование тектонических явлений. Если размах и размеры многих процессов осадконакопления могут быть объяснены как сумма небольших, но многочисленных явлений, действовавших в течение очень длительного времени, то такое объяснение не всегда приложимо к процессам тектоники. Крупные сбросы и глыбовые надвиги, например, не всегда поддаются этого рода истолкованию и, возможно, являются результатом действия огромных сил в сравнительно короткие периоды—сил, аналогов которым мы не находим в слишком незначительной по длительности наблюдаемой человеком истории земной поверхности. Тектонические процессы очень тесно связаны с процессами осадконакопления и поэтому анализ, например, скорости осадконакопления, будет, в силу вышесказанного, представлять огромные трудности. В общем, повидимому, следует признать, что принцип актуализма в изучении геологических явлений прошлого обещает наибольший успех при известной осторожности его применения. Что касается процессов образования местонахождений, вопросов гибели и динамики животного населения, условий обитания и т. д., то вследствие значительно более узкого поля деятельности актуалистический сравнительный метод изучения является основным. Борьба

между актуалистическим методом в геологии и палеонтологии и ортодоксальным антиактуализмом несомненно будет продолжаться и в дальнейшем развитии этих наук. Взаимодействие обоих направлений значительно углубит наше познание прошлого и проявит неизбежные ошибки в методике и оценке полученных фактов.

По всем соображениям, обстановки древней седиментации имели свои особенности не столько в основных закономерностях образования осадочных пород, сколько в сложных комбинациях факторов, определяющих тонкие черты осадков. Такие комбинации могли возникать во времени много раз, отличаясь друг от друга в известных чертах и не повторяясь в дальнейшем. Особенности каждой комбинации факторов отражены в облике возникшей в результате их породы, но почти всегда не улавливаются примитивной методикой исследования. В этом смысле неповторимость многих осадков прошлого наверное имеет место. Если мы с долей вероятности можем говорить о вымерших типах ландшафтов, то установление вымерших типов осадков гораздо более затруднительно.

Изложенное весьма ограничивает применение принципа геологической неповторимости, но также ставит предел и использованию принципа актуализма. Для тафономии, основываясь на приведенных соображениях, мы можем принять следующие положения:

1. Непосредственное изучение современных геологических процессов и, главным образом, седиментации имеет решающее значение для воссоздания общих условий образования данного типа породы. Эти общие условия для тафономии особенно важны в своей гидродинамической части: помимо общей скорости осадконакопления — скорость потоков, дальность переноса, область и направление сноса и т. п.

2. Неповторимые, специфические для данного отрезка времени, условия генезиса пород всегда будут более мелкими, второстепенными факторами по сравнению с основными (главным образом гидродинамическими), общими для всех геологических периодов с середины палеозоя до современности и определяющими основной тип породы.

3. Для выявления специфических «неповторимых» условий образования породы нужны детальные исследования, могущие уловить в строении породы те тонкие черты, ее характеризующие, которые являются отражением особенностей древней обстановки седиментации. В настоящее время малая детальность литологических исследований осадочных пород и малое число точных наблюдений над современными осадками не позволяют с достоверностью говорить об особенностях древних пород.

Таким образом, мы пришли к заключению о необходимости актуалистических исследований для познания процессов образования осадков в прошлом. Не требует доказательств признание важности того же метода для познания деструктивных процессов на поверхности материков. Изучение распределения и характера областей сноса, скорости разрушения осадков на субаэральной поверхности, количественные определения сноса в различных зонах материка и тому подобные вопросы — все это важнейшие для литолеймономии актуалистические исследования.

Равным образом, совершенно необходимы актуалистические исследования и для выяснения детальной экологии наземной флоры и фауны, без которых мы не можем быть уверенными в точной оценке непосредственных документов палеонтологии.

Однако во всей совокупности актуалистических исследований, касающихся и осадков, и живых форм, и ландшафтов современности, совершенно необходим правильный выбор объектов исследования. Без соблюдения этого условия, как мы видели выше, неизбежны ошибки или неудовлетворительные результаты при первых же попытках приложения

фактов, добытых из современности, к анализу документов прошлого. Примером хорошо продуманного подбора фациальных обстановок и современности и прошлого и правильного использования актуалистического метода может служить работа Страхова (1947) о железорудных фациях в истории Земли, представляющая большой интерес для всякого, приступающего к анализу физико-географических обстановок седиментации прошлых геологических эпох.

Правильный выбор актуалистических объектов и верное направление исследований зависит от верного сопоставления документов геологической летописи (типа животного, фации, ландшафта) с изучаемыми объектами современности.

Так, например, для палеонтологии имеет огромное значение изучение таких растительных или животных форм, которые или сами по себе древни, или обитают в экологических обстановках древнего типа и тем самым должны иметь сходную с древними формами адаптацию к аналогичным условиям обитания. Еще лучшие результаты получатся, если удастся подобрать сходные экологические ниши современности и прошлого, но это, безусловно, редкие случаи. Чрезвычайно важен вопрос о внутренних морфологических противоречиях, наблюдаемых в адаптациях современных и, особенно, вымерших организмов. С помощью исследования противоречий мы сможем объяснить неоднократно встречающиеся случаи вымирания и массовой гибели, зачастую совершенно непонятные по причине весьма ничтожной осведомленности в этих вопросах по отношению к современным формам.

Изучение биологии и экологии современных форм для применения в тафономических исследованиях должно быть сосредоточено на формах или родственных, или экологически однотипных с встречающимися нам в виде фоссилизованных остатков в ориктоценозах фаун и флор прошлого.

В качестве примера можно назвать такие растения, как араукарии и гинкго, изучение экологии, условий размножения и физиологии которых может дать нам некоторые специфические черты приспособлений к определенным условиям освещенности, температуры, влажности и т. п., могущие послужить для определения соответственных условий в прошлые времена широкого развития этих растений.

Изучение древних форм или древних экологических типов животных — примитивных насекомых, крокодилов, гаттерий, однопроходных или сумчатых млекопитающих—с сопряженным анализом их экологии и морфологических адаптационных признаков, равно как и их физиологии, даст представление о жизненных условиях их палеонтологических эквивалентов.

Наконец, изучение различных особых адаптационных уклонений у редких современных животных даст материал для понимания особых уклонений, часто встречающихся нам у редких форм в местонахождениях древних геологических эпох. Совершенно особенное значение в актуалистических исследованиях имеет изучение ландшафтов, правильно сопоставленных с ландшафтами и фациями прошлого. Здесь мы получаем сразу данные о характере осадконакопления, захоронения, преобладании типичных адаптаций среди фауны и флоры и, следовательно, освещение важнейших вопросов образования местонахождений и происхождения осадков. К сожалению, именно все наиболее соответствующие древним типам растения, животные и целые ландшафты современности являются наименее изученными.

Если мы довольно хорошо знакомы с растениями и животными наших европейских стран, представленных как раз новейшими типами, то формы тропических областей, среди которых и сохранились древние типы, изу-

чены чрезвычайно слабо. Необходимо детальное изучение целого ряда тропических форм, прежде чем можно будет считать себя достаточно вооруженными для введения актуалистических данных в трактовку документов далекого прошлого. Сказанное имеет равную силу и для современных ландшафтов. Несомненно, что аналоги ландшафтам прошлого мы должны искать в ландшафтах преимущественно тропиков, ибо тропический характер климатов и условий осадкообразования в прошлые геологические эпохи несомненно был преобладающим в истории нашей планеты.

Однако, пытаясь применить наши наблюдения над современными обстановками в реконструкциях обстановок прошлого, исследователи обычно исходят из всем нам хорошо знакомых областей умеренного пояса. Ландшафты других климатических поясов или труднодоступных ненаселенных мест, если и знакомы путешественникам, мало известны палеонтологам. Между тем именно среди этих физико-географических областей, во всем их огромном разнообразии, мы можем легче подыскать аналогов древним областям обитания и осадконакопления. Однообразие известных нам эталонов для реконструкции среды животного мира прошлого является очень существенной слабостью палеонтологических исследований. В предыдущих главах мы отметили устойчивость во времени определенных типов физико-географических обстановок и в первую очередь дельтовых и прибрежных. Без сомнения, в дельтовых ландшафтах субтропических и тропических стран мы найдем гораздо более верные аналоги условий обитания древнейших наземных позвоночных, чем в каких-либо реках, лесах и степях умеренного пояса, не говоря уже о более холодных климатических зонах. Огромные прибрежные болота Флориды с необычайным богатством растительности, дельты Конго, Амазонки или Нила, области низменных тропических болот Восточной Африки, Бразилии, Индии, Суматры, Явы, Борнео неоднократно фигурировали в различных палеобиологических примерах. Однако первое же сравнение действительных ландшафтов указанных областей с известными в литературе реконструкциями показывает, что эти области остаются известными лишь понаслышке, по поверхностным описаниям, и особенности их ландшафтов, а тем более происходящие в них процессы осадконакопления нисколько не учтены в реконструкциях. Более того, даже дельтовые ландшафты наших умеренных областей остаются неизвестными нам в своих особенностях по причине трудности проникновения в глубину болотистых низменностей. Помимо дельт и болот и прочих близких к базису эрозии наземных ландшафтов могут существовать среди самых различных типов ландшафтов условия, неожиданно весьма сходные с древними и определяющие возможность захоронения массовых остатков фауны и флоры. Для примера возьмем как бы обратные дельтовым обстановки сухого климата и высоких степей Судана или Восточной Африки. Наличие периодически пересыхающих потоков или озерков, в руслах и впадинах которых скопляются и в массовом количестве погибают гидрофильные флора и фауна, способствует концентрации остатков фауны и флоры и образованию танатоценозов. Периодические сильные увлажнения сносят накопившиеся остатки в более крупные бассейны, где часть остатков подвергается захоронению, переходя в тафоценоз. Таким образом, тропические обстановки сухого климата с периодическими сильными увлажнениями, подобные ландшафтам Уганды (саванны с галлерейными лесами) или других областей Восточной и Южной Африки и Судана, оказываются весьма благоприятными для захоронения флоры и фауны имеино гидрофильных адаптаций. Насколько велики бывают размеры скоплений органических остатков в подобных областях, показывает образование седдов, характерных

для суданской части течения Нила. Седд — это растительный затор, образующийся в реке путем нагромождения плывучих остатков растительности во время разливов в узких местах или на излучинах реки. После того как один такой затор на несколько лет прервал судоходство между Хартумом и Верхним Нилом, были поставлены специальные исследования причин нагромождения таких огромных масс растительности. Изучение показало, что седд образуется в течение ряда сухих лет, когда гидрофильная растительность накапливается в отдельных, изолированных водоемах. В обильный влагой год вся эта растительность выносится в главную водную артерию большим половодьем. В подобных растительных островах трупы животных и даже большие кости крупных форм переносятся вместе с массами растительности в плывучем состоянии и также накопляются в заторах. Приведенный пример свидетельствует о большом разнообразии современных ландшафтов и условий обитания и захоронения фауны. Знание подобных деталей совокупности условий внешней среды обитания и условий осадконакопления в малоизвестных ландшафтах современности является необходимым условием для реконструкции ландшафтов и климатов прошлых геологических эпох.

Для изучения ландшафтов такого типа, которые наиболее распространены в известных нам континентальных фациях палеозоя, необходимо обратиться к наиболее низменным и связанным с морскими побережьями тропическим и субтропическим ландшафтам.

У нас в СССР единственные, сколько-нибудь сходные ландшафты имеются на западном побережье Каспийского моря, в дельте р. Акуши, по берегам залива Кызыл-Агач. Огромные заболоченные низменности этого района имеют площадь около 800 кв. км. К сожалению, физико-географические исследования в дельте Акуши находятся еще в зачаточном состоянии несмотря на наличие хороших карт.

Однако для серьезного изучения ландшафтов, аналогичных древним физико-географическим обстановкам обитания и захоронения, неизбежна постановка исследований в тропическом поясе, вне пределов СССР.

Известные прибрежные тропические болота Флориды, постоянно фигурирующие в качестве аналогов карбоновых лесов, изучены очень плохо и еще не могут служить материалом для детального сопоставления с ландшафтами прошлого. Однако они дают общее представление о внешнем виде огромных, низменных, затопляемых пространств, местами залесенных (рис. 45; табл. II, III и IV), местами со срезанным затоплением лесом в виде обширных болот с торчащими над сырой почвой пнями. Эту последнюю картину интересно сопоставить с рис. 3, изображающим отпрепарованные из породы пни карбоновых деревьев в Англии. Крайне характерное развитие корневых пневматофор, типичное для деревьев, произрастающих в низменностях, временами затопляемых морем, вместе с общим характером подобного ландшафта хорошо иллюстрировано снимками табл. II. На фиг. 2 этой таблицы изображен участок болотного таксодиевого леса на озере Мунро, Флорида. Деревья (*Taxodium distichum*) окружены пневматофорами до 1 м высоты, показывающими постоянный уровень воды. Снимок сделан в момент максимального спада воды.

Для обширных низменностей, находящихся уже внутри материка, в областях больших депрессий рельефа и связанных с дельтами и старицами крупных рек, примером может служить довольно хорошо исследованное болото Окефиноки на границе штатов Георгия и Флорида в США. Это болото хорошо сопоставляется с областями последнего углеобразования на границе карбона и перми в Европе, местонахождения которых были описаны нами в разделе карбона (стр. 20—23). Равным образом, болото Окефиноки может дать представление о характере ландшафта в областях

образования крупных местонахождений нижнемеловых динозавров. Рис. 45 представляет схематизированную карту болота с указанием озер, протоков, речных русел, распределения растительности и открытой песчаной почвы. Общая площадь болота Окефиноки свыше 1200 кв. км. Оно

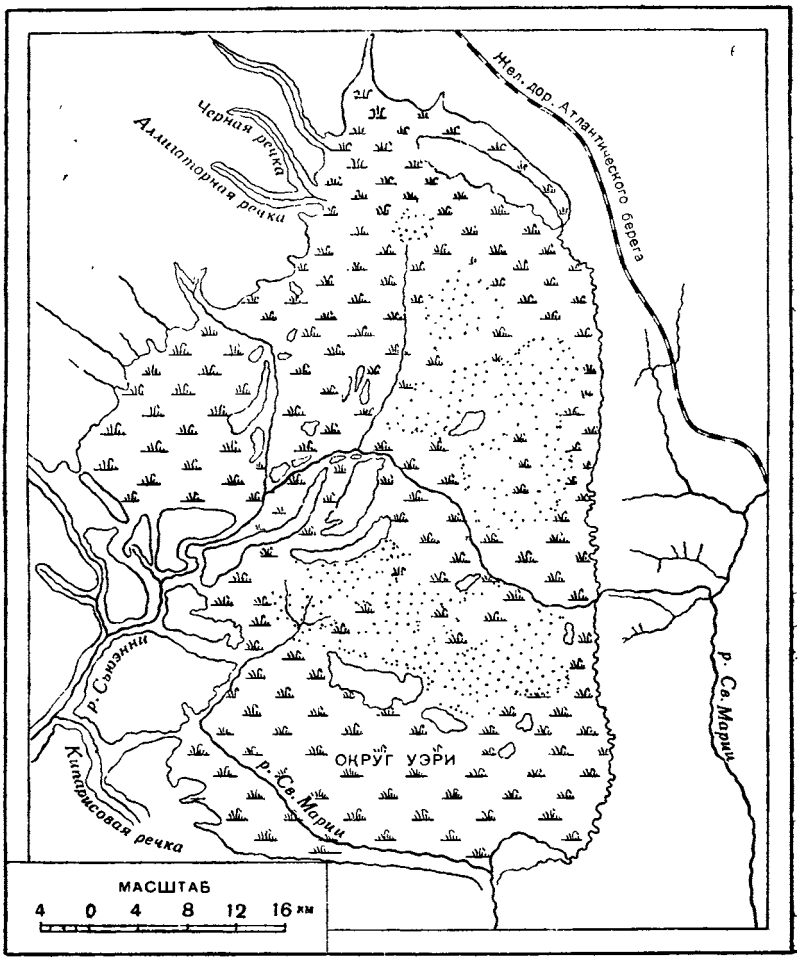


Рис. 45. Схематизированная карта болота Окефиноки в Георгии, США. Точками показаны песчаные участки, осушающиеся во время убыли воды. Знаки кустов означают затопленные таксодиевые леса, белые пятна — озера и площади стоячей воды, черные линии — проточные озера и русла.

покрыто участками густых лесов болотных кипарисов (*Taxodium*), зарослями густейшей мягкой болотной растительности и участками свободной воды со слабым течением (табл. II, фиг. 1; табл. III и IV). Периодически, во время сильных наводнений все болото затопляется и каналы свободной воды приобретают сильное течение, доставляющее в болото массы песка и ила. Общий вид болота дает представление о совершенно особенном характере ландшафта, кстати сказать, вовсе не соответствующем обычным реконструкциям древних обстановок обитания вымерших форм. Болото обильно населено крокодилами, черепахами и рыбами.

Для всех подобных дельтовых тропических ландшафтов характерны сильные затопления в периоды тропических дождей. Рукава рек при этом сильно меняют свое направление, и массы воды устремляются в окружающие низменные леса. При этом наземное население этих лесов терпит катастрофическую гибель и множество остатков животных захороняется в речных осадках, массами наносимых в близлежащие болотистые депрессии. Подобные наводнения хорошо известны, например, в дельте Нигера и в бассейне Конго, в Западной Африке.

Гигантские низменные болотистые равнины тропиков (Восточной Индии, Суматры, Борнео и т. п.), затопленные в период дождей, нередко пересыхают в сухое время года. Это пересыхание вызывает гибель бесчисленных водных животных в топкой грязи, образующейся на месте водного покрова. Позднее эти равнины покрываются коркой засохшей глины, в углублениях которой находятся трупы рыб, крокодилов и других животных. После высыхания вся равнина зарастает травой до следующего затопления, которое покрывает все новым слоем ила. Нетрудно отыскать в таких ландшафтах сходство с послойным залеганием остатков мягкой растительности в местонахождениях континентальной флоры или нахождением остатков наземных позвоночных в мелких впадинах поверхности напластования нижележащего слоя, среди богатых органическими веществами пород, столь часто встречающихся во многих местонахождениях верхов палеозоя и мезозоя (Карроо).

В заключение нашего беглого просмотра примера современных ландшафтов, могущих быть сопоставленными с древними, приведем несколько типов странных ландшафтов, показывающих все огромное разнообразие растительных форм и ландшафтов в тропических странах.

Таковы оригинальные ландшафты склонов Рувензори в Центральной Африке с сенециями (*Senecio*), ландшафты межгорных котловин в Южной Калифорнии с юкками и, наконец, ландшафт низменных прибрежных сухих равнин Южной Калифорнии с огромными скоплениями бревнообразных кактусов (*Lamaireocereus*), лежащих прямо на поверхности почвы. Подобный ландшафт интересен еще тем, что находится в непосредственной близости от типично болотного мангрового ландшафта и показывает разнообразие типов растительности, не сохраняющейся и не попадающей в осадки даже в непосредственной близости от района седиментации.

Примером современных растений, сохранивших крайне архаический внешний вид и поэтому могущих служить для реконструкции внешнего облика древнейших наземных растений, можно привести особый вид алоэ (*Aloe dichotoma*) из степей Южной Африки. Подобный же архаический облик уже для целого ландшафта имеют араукарийные леса Южной Америки. Облик этих ландшафтов может быть сравнен с ландшафтами возвышенных участков пермских материков, не говоря уже о мезозое, откуда известны настоящие араукарии.

Араукариевые ландшафты особенно развиты в Чили, в районе Анджол, в хребте Нахэбта, на значительной высоте над уровнем моря. Араукарии произрастают на обширных полях вулканического пепла, среди голых пространств вулканического шлака. Связь араукарий с вулканическим типом почвы не лишена интереса. Равным образом, замечательно развитие этих лесов в горных областях с сухим и жарким летом, но с регулярным выпадением снегов зимою. Лес араукарий имеет необычный вид благодаря серостальной с пурпурным отливом окраске коры древесных стволов (табл. IV) и очень темной зелени крон. Молодые деревья очень резко отличаются от взрослых, что также имеет важное значение для анализа подобных же случаев при находках остатков флоры в местонахождениях, где остатки всегда разрознены.

Особый интерес имеют современные ландшафты, в которых по физико-географическим условиям и климатическому режиму постоянно случается массовая гибель наземных животных, здесь обитающих или пришедших из других областей. Известны случаи массового отравления крупных травоядных благодаря периодическим вегетациям ядовитых растений (Chestnut 1901).

В сухих степях Южной Америки еще Дарвин наблюдал массовую гибель диких и домашних животных во время большой засухи 1827—1830 гг. Крупные травоядные, загоняемые жаждой в топкие места, гибли десятками тысяч на илистых банках реки Параны или в болотах.

В Центральной Африке (Gregory 1896) нередко наблюдается массовая гибель животных вокруг пересохших источников в степях, в периоды засушливых лет. Источники и озерки в степях разбросаны на расстоянии 30—40 миль друг от друга, что в обычное время вынуждает травоядных к долгим путешествиям к воде, а в случае пересыхания целого ряда водопоев ставит животных в безвыходное положение. Вокруг пересохших водопоев сотни и тысячи квадратных метров почвы белеют от покрывающих ее костей носорогов, зебр, антилоп и газелей, шакалов и гиен. Животные скучивались вокруг иссохших озерков, борясь за последние капли воды.

В Патагонии Притчард (Pritchard 1902) наблюдал в суровые зимы у водопоев массовую гибель гуанако и оленей — весьма выносливых животных. Стада по пятьсот животных погибали от бури на открытом пространстве у водопоя. Трупы их буквально громоздились друг на друга вокруг замерзшего источника.

Автор этих строк наблюдал в Монгольской Народной Республике в больших глинистых котловинах пустыни Гоби следы гибели верблюдов, застигнутых дождем при переходе через котловины. Глинистая почва мгновенно разбухала, и животные теряли способность передвигаться, совершенно выбиваясь из сил в отчаянных попытках выбраться из ловушки. После дождя почва столь же быстро высыхала, но смертельно изнуренные животные уже не были в состоянии даже подняться. Их высохшие трупы валялись в центре котловин, окруженные следами их предсмертной борьбы — круговыми отпечатками скользящих ног в затвердевшей глине.

Подобные типы массовой гибели хорошо аналогизируются с встречающимися нам в кайнозойских местонахождениях. Для палеозоя, с его сохранившимися низкоматериковыми водными фациями, причины массовой гибели животных обычно связаны с периодическими затоплениями и отнюдь не соответствуют только что описанным. Поэтому причины гибели и концентрации остатков животных имеют свои особенности для каждого типа ландшафта и каждого уровня эволюционного развития наземных позвоночных.

Приведенные нами единичные примеры современных ландшафтов, могущих быть аналогичными некоторым ландшафтам древнейших материков, ни в каком случае не исчерпывают все огромное разнообразие современных тропических ландшафтов. Нельзя сомневаться, что даже самые первые шаги в деле изучения современных обстановок жизни и осадконакопления, проведенного с целью подыскания современных аналогов древнейших ландшафтов, дадут несравненно более богатый и разнообразный материал. Особенно важным является сопряжение исследований по экологии флоры и фауны с изучением процессов осадконакопления в указанных ландшафтах.

Исследования обширных болот и дельт представляют много трудностей, но безусловно обогатят нас фактами первостепенной важности. Нужно

подчеркнуть, что в природе не имеется неважных фактов - мы только считаем некоторую часть известных нам фактов неважными по той простой причине, что не знаем им применения или истолкования в данный момент развития науки.

Для накопления актуалистического материала по вопросам тафономии и литолеймономии геологической летописи древнейших материков нужно еще очень много наблюдений и простой регистрации фактического материала, чтобы наши теоретические построения из более или менее остроумных догадок превратились в точные закономерности.

В этой огромной работе изучение современных ландшафтов, как физико-географических обстановок осадконакопления и обитания наземных форм, является одной из важнейших и интереснейших сторон тафономических исследований.

ГЛАВА IX

ПУТИ И МЕТОДЫ ТАФОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Общей задачей тафономических исследований является анализ палеонтологических документов геологической летописи. При ориентировке исследований вопросов неполноты геологической летописи нужно разделять две стороны формирования летописи, как истории Земли и жизни:

а) закономерности сохранения осадочных пород (литолеймономия);

б) закономерности сохранения органических остатков в осадочных породах (тафономия).

По этим двум основным направлениям и пойдет изучение закономерной неполноты геологических и палеонтологических документов.

Направление тафономии — изучение местонахождений флоры и фауны, как отражения процессов, создающих палеонтологические документы в исторических процессах изменения лика Земли.

Изучение местонахождений дает тафономии отдельные отрывочные факты, для разрешения значения которых тафономия должна обращаться к смежным дисциплинам.

Поскольку создание местонахождений протекает во взаимодействии биосферы и литосферы, исследователи в области тафономии должны руководствоваться данными (а за отсутствием таковых, проводить самостоятельные исследования) биологических процессов, определяющих распределение типичных адаптаций, образование концентраций животных, причины массовой гибели и образование скоплений органических остатков,— короче говоря, динамики населения и образования танатоценозов. С другой стороны, для выяснения процессов литосферы, захоронающих и сохраняющих остатки, тафономия должна обладать данными петрографии осадочных пород в широком смысле этого слова, от гидромеханических закономерностей осадконакопления до процессов диагенеза и позднейшего бытия осадочной породы.

Поскольку органические остатки по своей минерализации отличаются меньшей стойкостью, чем минеральные компоненты вмещающей породы, то для познания судьбы органических остатков с момента смерти организмов до фоссилизации — перехода в минеральное состояние их остатков — мы должны обладать сведениями о сохранении или разложении органических веществ в различных условиях окружающей среды, соответствующей нахождению остатков на субаэральной поверхности, в воде и жидких осадках, в минеральных растворах процессов диагенеза и, наконец, судьбе остаточного органического вещества после фоссилизации, в различных породах во времени.

Совокупность указанных исследований даст законченное представление о процессах образования местонахождений. При дальнейшем

изучении закономерностей геологической летописи нужно перейти к рассмотрению местонахождений, как участков соответственных фаций, т. е. к области литолеймономии — к исследованиям закономерностей сохранения осадочных толщ во времени, используя как полученные при изучении местонахождений материалы, так и данные геологического картирования, палеогеографии и геотектоники. Изучение процессов вскрытия местонахождений, неразрывно связанное с исследованием закономерностей сохранения осадочных толщ во времени, дает тафономии материалы для прогнозов и планомерных поисков палеонтологических документов в континентальных толщах. Наконец, более отдаленной возможностью в совокупности данных тафономии и литолеймономии является сравнительный анализ смены периодов захоронения с относительными подсчетами масс осадков и захороненной в них фауны для выяснения процента выпавших из захоронения форм. Сюда же относится интереснейшая проблема о совпадении или несовпадении преобладающих типов фаций с преобладающими адаптациями в местонахождениях данного уровня геологического времени.

Главные направления тафономических и литолеймономических исследований группируют вокруг себя следующие основные разделы работ.

1. Непосредственный фактический материал тафономии

1. Детальное исследование местонахождений

Работы по детальному исследованию местонахождений должны предусматривать одновременное вскрытие значительных площадей костеносных слоев, т. е. являться большими раскопками. Одновременное вскрытие больших участков с последующей постепенной разработкой пласта вглубь производится попутно с геолого-петрографическим изучением вмещающей толщи, с особенно детальной характеристикой кровли и почвы местонахождения. Вмещающие органические остатки породы местонахождения подвергаются тщательному минералогическому исследованию и химическим анализам для выяснения их генезиса и различия в генезисе от вмещающих пород местонахождения. Необходимо применение современных методов споро-пыльцевого и диатомового анализов для характеристики пород местонахождения и особенно костеносных пластов.

Разработка содержащего остатки пласта происходит при обязательном условии выполнения следующих исследований:

а) Тщательное фиксирование расположения органических остатков друг относительно друга внутри пласта, относительно плоскостей напластования, косой слоистости, галек и других заметных минералогических фракций. Составление биостратономических диаграмм. Составление литологической карты костеносного пласта, с показом расположения отдельных линз или полос различающихся литологически пород.

б) Наблюдения над характером фоссилизации органических остатков. Состояние поверхности костей. Фиксирование различий в характере фоссилизации в различных участках пласта по площади и в глубину по стратиграфической вертикали. Необходимо обращать особое внимание на то, что фоссилизация в различных частях одного и того же скелета часто бывает различной. Наблюдения над состоянием поверхности костей и связи характера фоссилизации с различными литологическими участками костеносного пласта. Особенно важны наблюдения над состоянием органических остатков на нижней и верхней границах костеносного пласта, почвы и кровли местонахождения. Детальное петрографическое ис-

следование фоссилизованных остатков. Рентгеноскопические, спектрографические и химические анализы остатков для определения остаточного органического вещества и точного минерального состава, а также анализы содержания редких элементов, определяющих химическую специфику древних форм, связанные с химическими анализами вмещающих пород. Детальные микроскопические исследования сохранившихся гистологических структур, изучение поверхности костей в отраженном и ультрафиолетовом свете для установления сохранности наружных тканей и характера их повреждения. Наблюдения над деформацией органических остатков, пространственной ориентировкой и размахом деформационных смещений.

в) Наблюдения над органическими остатками как тяжелыми фракциями вмещающих пород. Выяснение характера окатывания, подсчет процента окатанных фрагментов по отношению к цельным. В конгломератовых отложениях — изучение галек конгломератов, объемный анализ, петрографическое определение слагающих гальки пород. В случаях наличия галек разной твердости (кварц, известняк) вычисление дальности переноса. Минералогическая характеристика прочих тяжелых фракций костеносного пласта.

г) Подсчет всех захороненных остатков относительно массы костеносного пласта. Вычисление среднего процента содержания остатков. Определение общей распространенности костеносного пласта, оконтуривание границ, подсчет с возможной степенью точности площади всего местонахождения и объема костеносной породы для определения запасов костеносного пласта. В случае больших пространственных размеров костеносного пласта закладка дополнительных площадок или шурфов в разных участках пласта с вышеуказанной совокупностью наблюдений для выяснения изменений пласта и органических остатков в том или другом направлении.

д) Наблюдения над следами животных, их копролитами, кладками яиц и т. д. Выяснение соотношения следов жизни со следами геологических и климатических явлений на поверхности напластования слоев — знаками ряби, трещинами усыхания, отпечатками капель и т. д.

Совокупность перечисленных наблюдений дает возможность анализа основных генетических факторов местонахождения — характера тафоценоза, дальности переноса и направления его, степени близости к области сноса, скорости седиментации, захоронения и фоссилизации, характера ориктоценоза, степени уплотнения осадков, основных условий обстановки седиментации. При разборке костеносного пласта необходимо соблюдать большую тщательность в наблюдениях, чтобы не пропустить зачастую крайне важных мелких остатков молодых особей, обломков необычайных «экзотических» форм и т. д.

Добытый из местонахождения палеонтологический материал является предметом следующего раздела работ.

2. Наблюдения над палеонтологическими материалами со специально тафономической точки зрения

Предлагаемые наблюдения обычно не практикуются в повседневной палеонтологической работе, так как требуют более или менее точных численных характеристик, возможных лишь при тщательно поставленном учете во время раскопок.

а) Подсчет численности особей по видовому составу фауны. Этот подсчет должен производиться с учетом фрагментарного материала, зачастую оставляемого без внимания при раскопках и при камеральной работе.

б) Числовые характеристики особей по преобладающим или сходным типам адаптаций. Особое выделение «экзотических» форм с адаптациями

чуждого характера, из удаленных от обстановки седиментаций ареалов обитания.

в) Подсчет численности особей по возрастным категориям или, за трудностью выделения таковых, по средним типовым размерам особей.

г) Палеопатологические наблюдения над скелетными остатками. Установление болезненных изменений костей и их повреждений при жизни индивидов. Наблюдения над посмертным повреждением костей, переломами при захоронении в водных потоках, изучение следов зубов хищников на костях. Поиски признаков массовых эпизоотических заболеваний для выяснения возможных причин массовой гибели животных.

Исследования этого раздела дают основную характеристику состава фауны по преобладанию отдельных адаптаций и возрастных категорий, что очень важно для восстановления характера первичного танатоценоза. Наблюдения над патологическими изменениями костей дают понятие о характере заболеваний и жизнестойкости древних форм. Посмертные повреждения костей выясняют возможные сроки пребывания остатков фауны в танатоценозе до захоронения и по характеру фоссилизации дают возможность распознавать кости, пробывшие разные сроки на субаэральной поверхности до захоронения. Так, большое число посмертных переломов, вызванных потоками, свидетельствует о костях, долгое время пробывших на субаэральной поверхности, потерявших значительную часть коллагена и поэтому ставших хрупкими еще до захоронения. Следы зубов на костях позволяют, в случае явственного заживления костной ткани, судить о врагах, нападавших на данную форму, а посмертные следы — о хищниках, поедавших падаль или умерщвлявших животное, даже если эти хищные формы отсутствуют в захоронении. Попытки установления массовых эпизоотических заболеваний чрезвычайно трудны, но в отдельных благоприятных случаях могут привести к интересным результатам. Так, например, в обширных местонахождениях эотриасовых стегоцефалов *Benthosuchus* на северо-востоке Европейской части СССР встречаются в огромном количестве остатки особей одного вида, преимущественно одного «среднего» возраста. Изучение микроструктуры зубов этих стегоцефалов показало присутствие в полости пульпы особых шариков дентина, так называемых дентиклей. Подобные образования характерны для зубов животного, больного резким авитаминозом или вообще находящегося в условиях крайне недостаточного питания. Присутствие совершенно сходных шариков — дентиклей в полостях зубов *Benthosuchus* можно считать указанием на какой-то массовый недостаток пищи или авитаминоз, возможно послуживший одним из факторов массовой гибели животных. Во всяком случае недостаток пищи для этих питавшихся рыбой животных, при массовом скоплении особей во время большого наводнения, на что указывает строение местонахождений, вполне вероятен. Приведенный пример говорит о возможных путях исследования эпизоотических заболеваний в крупных, массовых местонахождениях наземных позвоночных.

Заключительным разделом работ по изучению местонахождений является следующий.

3. Литолеймономическое изучение ультрафаций, вмещающих группы местонахождений; региональные геологические наблюдения над вскрытием и деструкцией местонахождений

Большие участки древних ультрафаций содержат целые группы отдельных местонахождений, зачастую генетически разнородных. После детального изучения отдельных местонахождений полученный материал

служит для характеристики данной ультрафации в целом. Большой комплекс континентальных осадков изучается как целое, в совокупности создавших его процессов, для реконструкции общих условий древней обстановки крупной седиментации. Сюда относятся следующие работы:

а) Наблюдения над распределением отдельных местонахождений внутри ультрафации, связь с внутриформационными перемывами и отраженными в породах эпейрогеническими движениями. Наблюдения над периодическими изменениями характера седиментации (чередование слоев по стратиграфической вертикали) и пространственными изменениями осадков (смена отдельных линз и полос по горизонтальной плоскости).

б) Подсчеты сравнительных объемов осадков, вмещающих органические остатки местонахождений и «мертвых» участков между местонахождениями. Общий сравнительный подсчет массы осадков данной ультрафации и массы осадков, содержащих остатки фауны и флоры. Геологически возможные запасы костеносных пластов.

в) Наблюдения над эрозией ультрафаций, частотой вскрытия местонахождений и установления соотношения между количеством вскрытых и геологически возможных местонахождений в зависимости от общей структуры ультрафации и глубины эрозионного среза. Наблюдение над скоростью денудации ультрафаций и быстротой разрушения местонахождений в зависимости от тектонических процессов и от физико-географической обстановки места размыва. Определение размеров деструкции в определенные промежутки времени. Наблюдения над вторичными процессами выщелачивания и метасоматоза местонахождений, наблюдения над скоростью разрушения и судьбой фоссилизованных остатков при размыве местонахождений. Наблюдения над судьбой переотложенных и вновь захороненных фоссилизованных остатков.

Совокупность литолеймономических работ дает нам в руки значительно более широкие материалы по обстановкам седиментации и обитания древних наземных фаун и флор, а также основные данные по вероятной длительности существования местонахождений во времени. Подсчеты и вычисления этого раздела работ, несмотря на возможность значительных ошибок, дадут общую характеристику количества захороненной фауны, а в случаях весьма детального исследования ультрафаций в районах горных работ (рудники, буровые скважины, геофизические характеристики), могут дать количественную характеристику фауны, захороненной в единицу геологического времени. Подобные материалы чрезвычайно важны для создания представления о неполноте геологической летописи, а также для научно-обоснованных прогнозов и поисков новых местонахождений и новых форм.

Совокупностью перечисленных выше работ в общих чертах исчерпывается содержание непосредственных исследований местонахождений наземной флоры и фауны. Совершенно очевидно, что многие факторы и наблюдения, добытые при изучении местонахождений, не могут быть объяснены и применены в палеонтологии без сравнения с аналогичными явлениями современности. Это и определяет второе главное направление работ.

2. Сравнительный фактический материал тафономии и литолеймономии

Для анализа причин возникновения местонахождений тафономия черпает свои сведения из соответственных разделов биологии и геологии.

1. Биологические закономерности возникновения современных концентраций наземной фауны, образование танатоценозов, причины рассеяния и уничтожения остатков в современной фауне и флоре материков

а) Наблюдения над численным составом и динамикой населения в отдельных биоценозах и физико-географических обстановках, аналогичных древним седиментационным обстановкам.

б) Наблюдения над динамикой населения в крупных географических областях для форм, экологически подобных важнейшим представителям древних фаун.

в) Выяснение закономерностей соотношений между плотностью населения и кормовой базой в областях обитания, аналогичных древним седиментационным обстановкам.

г) Выяснение причин образования концентрации индивидов различных наземных форм и причин массовой гибели.

д) Выявление закономерностей расселения и уничтожения остатков животных в обстановках областей сноса.

е) Вычисление соотношений между количеством гибнущих особей вообще и количеством попадающих в условия захоронения.

ж) Выявление преобладающих адаптаций в части фауны, попадающей в захоронение, и в части фауны, рассеивающейся и редко захороняемой.

Намеченные работы дают материал для анализа соотношений между населением областей сноса и областей седиментации, данные об устойчивости отдельных биоценозов и экологических типов во времени, выявляют преобладающие адаптации для выпадающих из захоронения и захороняющихся частей фауны, объясняют основные причины образования скопления остатков животных и растений в биосфере и массовой гибели фауны при образовании концентраций, иными словами, дают анализ образования местонахождений, протекающего в пределах биосферы.

2. Геологические закономерности образования современных континентальных осадков и захоронения в них остатков флоры и фауны

Сравнительный материал для анализа второго этапа образования местонахождений — образования тафоценозов и отложения вмещающих животные и растительные остатки осадков — черпается тафономией из наблюдений современных обстановок седиментации, генезиса современных континентальных осадков, закономерностей распределения и консервации органических остатков современности.

а) Наблюдения над условиями переноса скоплений животных и растительных остатков в области современного осадконакопления.

б) Наблюдения над движением органических остатков в потоках. Выявление гидродинамических закономерностей для разных типов остатков.

в) Наблюдения над уничтожением остатков при движении в наносах, закономерности сохранения остатков в процессах захоронения, наблюдения над дальностью переноса.

г) Наблюдения над биостратономией современных осадков, характером распределения, скопления или рассеяния остатков, выносом или остаточным накоплением в разных седиментационных обстановках.

д) Вычисление количества остатков, накопляемых в местах устойчивого осадкообразования. Вычисление соотношения захороненной части танатоценоза с частью, подвергшейся деструкции или рассеянию в процессах захоронения, для установления общих отношений танатоценозов к тафоценозам.

е) Общие подсчеты соотношения площадей современных крупных областей осадконакопления к площади областей сноса материков.

ж) Наблюдения над долговечностью существования отдельных фаций, установление подробной классификации инфрафаций и ультрафаций по длительности существования в различных физико-географических обстановках материков.

Оба раздела работ тафономии по изучению основных закономерностей образования местонахождений в современном взаимодействии биосферы и литосферы сливаются в детальном изучении современных ландшафтов, аналогичных древним обстановкам образования местонахождений. Изучение современных ландшафтов под углом зрения тафономии дает существенно важные детали для реконструкций физико-географических и биотических обстановок прошлых геологических эпох.

Третий этап образования местонахождений — создание ориктоценоза путем фоссилизации органических остатков и диагенеза жидких осадков—не может в настоящее время целиком пользоваться сравнительным материалом современных наблюдений. Процессы диагенеза осадков происходят в еще недоступных для нас условиях погружения осадков под водой или под толщами рыхлых наслоений. Равным образом, процессы диагенеза протекают еще медленнее процессов континентального осадконакопления и зачастую могут быть недоступны нашим наблюдениям по условиям длительности времени. Поэтому получение сравнительного фактического материала из современности для третьего этапа образования местонахождений не может быть ограничено только непосредственным наблюдением, но должно расширить круг своих возможностей путем постановки экспериментальных исследований. Само собой разумеется, что для целого ряда наблюдений из области работ второго раздела постановка экспериментов также весьма необходима. Особое значение имеют эксперименты над гидродинамикой переноса, технически легко осуществимые в лотках и бассейнах, дающие непосредственные закономерности переноса в биостратономии различных типов органических остатков. Экспериментальные работы по изучению фоссилизации остатков не могут производиться в отрыве от наблюдений над судьбой остатков, как химических фракций, в естественных обстановках поверхности материков современности.

Сказанное определяет основное содержание работ третьего раздела.

3. Наблюдения над закономерностями сохранения и фоссилизации животных и растительных остатков

а) Наблюдения над сохранением и разрушением органического вещества различного типа на субаэральной поверхности современных материков.

Различные авторы указывают весьма различные скорости разложения органического вещества в воздухе и в неглубокой воде. Это обстоятельство несомненно зависит от общих климатических условий данного места и характера зараженности микробами. Так, в обстановках сильной инсоляции могут наступать длительные стерилизующие условия, определяющие значительно бóльшую длительность сохранения органического вещества. Однако та же инсоляция, предохраняя органическое вещество от бактериального разрушения, обусловливает быстрое разрушение костного жира, выбеливание кости а затем и разрушение коллагена. Процессы разрушения органического вещества на воздухе, в естественных обстановках, несомненно разнообразны и должны подвергнуться тщательному изучению.

б) Наблюдения над сохранением и разрушением органического вещества под водой и в поверхностных жидких осадках. Здесь мы также должны встретить разнообразные условия сохранения и разрушения органического вещества в зависимости от окислительной и восстановительной среды, наличия минеральных растворов или органических кислот и т. д.

в) Изучение особенностей химического состава органического вещества в разных типах животных и растений. Особенности химического состава могут оказывать существенное влияние на устойчивость разных органических веществ в различных условиях. Выделение типов органических веществ по устойчивости или, наоборот, быстрой разрушаемости. Эти работы представляют непосредственный переход к экспериментальным работам.

г) Опыты по сохранению и разрушению органического вещества в животных и растительных остатках в различных условиях концентрации минеральных солей, окисления, освещенности, в разных бактериальных средах и т. д.

д) Опыты по минерализации животных и растительных остатков в искусственно созданных условиях, аналогичных возможным условиям литификации осадочных пород. Помещение животных остатков в растворы минеральных солей при различных давлениях и температурах, в среде, соответствующей той или иной механической фракции осадков. Отсутствующая в подобных экспериментах длительность времени может быть до некоторой степени заменена повышенной концентрацией минеральных веществ или газов. Повышение концентрации в вычисленных соотношениях и при соблюдении соответствующих условий может вызвать ускорение процесса и тем самым как бы сжать необходимое для фоссилизации время.

е) Опыты по сохранению и разрушению фоссилизованных остатков в породах. Установление характера повреждения поверхности остатков и их дальнейшего разрушения при выщелачивании пород и процессах перемыва местонахождений. Помещение фоссилизованных остатков в циркулирующие растворы минеральных солей, органических кислот или газов, искусственно воспроизводящие процессы выщелачивания и перемыва местонахождений. Отсутствующая длительность времени и тут может быть искусственно получена путем вычисленных концентраций растворов или газов, а также повышением скорости циркуляции растворов.

Все перечисленные работы по изучению современных процессов третьего этапа образования местонахождений, вместе с экспериментальными работами, объясняют закономерности фоссилизации и образования ориктоценозов. Отметим, что детальные анализы процента сохранения органического вещества в фоссилизованных остатках в разных породах и разновременных местонахождениях приводят к возможности установления длительности отдельных промежутков геологического времени. Для этого необходимо накопление фактов о проценте органического вещества, сохраняющегося для определенных типов пород и в определенных условиях фоссилизации остатков.

Оба источника — непосредственные и сравнительные материалы тафономических исследований — составляют весь круг вопросов, охватываемых тафономией. Накопление фактических материалов по литолеймономии геологической летописи в прошлом и в современности позволит в дальнейшем расширить наше познание в сторону не только регистрации, но и преодоления неполноты палеонтологической документации. Непосредственным приложением закономерностей сохранения континентальных осадков во времени, связанных неразрывно с закономерностями сохране-

ния палеонтологических документов наземной жизни, будет вычисление общего соотношения захоронения и выпавших из летописи форм наземной жизни для разных уровней геологического времени. Общие подсчеты площадей и масс континентальных толщ и внутри них площадей захоронения дадут соотношение площадей захоронения с площадями осадконакопления. Определение соотношений уцелевших во времени ультрафаций и областей сноса древних материков позволит восстановить в общих чертах ареалы обитания древней наземной жизни и значительно дополнить палеозоогеографические представления, существующие в настоящее время. Выяснение среднего процента содержания остатков наземной флоры и фауны в массах ультрафаций и сравнение его с таковым для инфрафаций может дать представление о возможности дальнейших находок. На основании этих общих закономерностей литолеймономии мы сможем ставить дальнейшие поиски новых форм наземной флоры и фауны не вслепую, не случайно при геологических исследованиях, а сообразуясь с научно установленным распределением и фациальной характеристикой возможных местонахождений. Так, например, для поисков палеозойской фауны внутриматериковых областей мы должны сосредоточить свое внимание на поисках крупных внутриматериковых ультрафаций, каковыми могут быть отложения огромных депрессий типа бессточных или межгорных впадин, или великих аллювиальных равнин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геологическая летопись истории Земли и жизни на материках представляет собою как бы проекцию некогда существовавших процессов осадконакопления и смены фаун во времени, определяющее влияние которого совершенно очевидно. Отсутствие представлений о характере влияния времени на полноту геологической летописи, уплощение временной перспективы являются основными затруднениями таких наук, как геология и палеонтология, оперирующих с историческими процессами огромной, почти невообразимой длительности. Тафономия вместе с литолеймономией, как учение о закономерностях сохранения документов геологической летописи во времени, служит существенной проверкой правильности теоретических построений палеонтологии и реконструкций физико-географических обстановок на материках далекого прошлого нашей планеты.

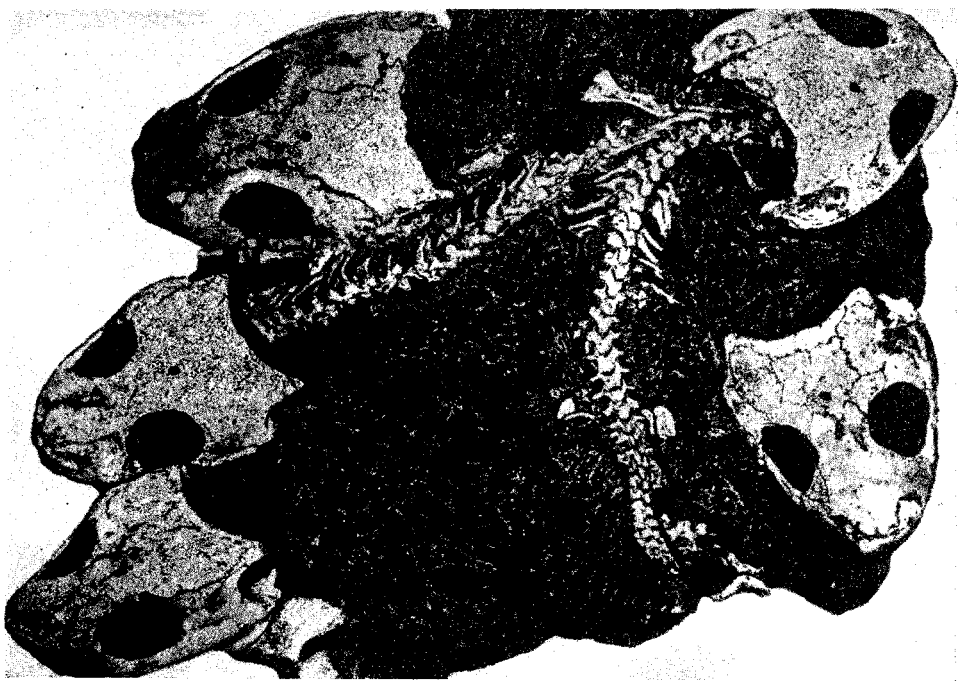
Тафономия улавливает теряющиеся в глубинах времени связи органического мира с обстановками жизни прошлого, отраженными в процессах образования местонахождений, во взаимодействии различных факторов биосферы и литосферы.

Познавая закономерности образования палеонтологических документов, тафономия своими исследованиями может придавать палеонтологическим построениям элементы точности, в которых так нуждается палеонтология. Геологическая летопись в освещении литолеймономии получает научное объяснение своей неполноты, характера своих пробелов. Тем самым выпавшая из летописи часть наземного органического мира может быть представлена нами и приведена в соотношение с сохранившейся в захоронении частью.

Не подлежит сомнению, что развитие тафономических и литолеймономических исследований с накоплением фактического материала вооружит нас знаниями закономерностей, при помощи которых мы сможем местами проникнуть за грань времени, скрывающую от нас выпавшие из геологической летописи части материков и историю их населения в древнейшие геологические периоды. Это проникновение с остатков древних материков — их сохраняющихся во времени краевых зон — в исчезнувшие центральные области составляет наиболее интересную сторону тафономических исследований.

Таблица I

Фиг. 1. Массовое захоронение стегоцефалов *Trimerorhachis* на поверхности напластования между двумя пачками окремнелых мергелистых глин. Нижнепермские Красные Слои Техаса. Сильно уменьшено.



Фиг. 2. Скопление скелетов стегоцефалов *Micropholis* в маленькой линзе темного мергеля, залегающей в углублении на поверхности напластования нижележащей толщи. Триасовые отложения формации Карроо в Южной Африке. Уменьшено в 2 раза.

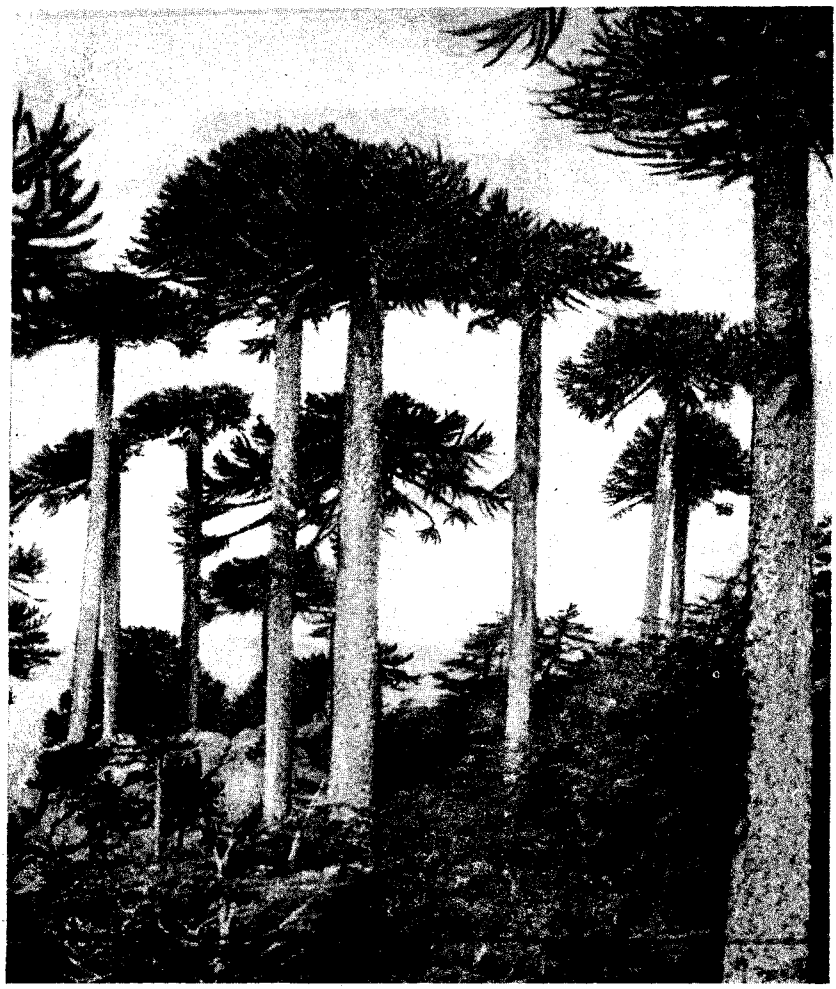
Фиг. 1. Типичный таксодиевый затопленный лес. Болото Окефиноки. Флорида.

Фиг. 2. Участок болотного таксодиевого леса на озере Мунро, Флорида, в момент максимальной убыли воды. Деревья *Taxodilum distichum* окружены пневматофорами, показывающими постоянный уровень воды.

Таблица III

Прогалины в таксодиевых лесах с густыми зарослями мягкой болотной растительности. Болото Окефиноки.

Таблица IV



Араукариевый лес на вулканических почвах склонов гор Пахэбта, Чили.

ЛИТЕРАТУРА

Борисяк А. А. 1943. Обзор местонахождений третичных млекопитающих на территории СССР. Киргосиздат, Фрунзе.

Бубнов С. 1937. Основные проблемы геологии. Москва.

— 1935. Геология Европы, т. II, Москва — Ленинград.

Быстров А. П. и Ефремов И. А. 1940. *Benthosuchus sushkini*, лабиринтодонт из эотриаса р. Шарженги. Труды Палеонт. инст., т. IX.

Вебер В. 1929. Миграция сухих дельт в Фергане.— Геологич. вестник, т. VII, 1-3.

Виноградов А. П. 1945. К химическому познанию биосферы.— Почвоведение, № 7.

Геккер Р. Ф. 1941. Задачи палеоэкологии в разработке проблемы эволюции органического мира.— Известия АН СССР, сер. биол., № 1.

— 1948а. Очередные проблемы палеоэкологии. Бюлл. МОИП, отд. геол., т. XXIII, 1.

— 1948б. Ископаемое юрское озеро в хребте Каратау.— Труды Палеонт. инст., т. XV, 1.

— 1948в. Примеры палеоэкологического изучения осадочных пород.— Литологический сборник Всес. Нефт. инст., № 1.

Герасимов И. П. и Марков К. К. 1939. Ледниковый период на территории СССР.— Труды Инст. географии, вып. XXXIII.

Ефремов И. А. 1933. Два поля смерти минувших геологических эпох.— Природа, № 8.

— 1935. Выпадение переходных форм в условиях захоронения древнейших четвероногих.— Труды Палеонт. инст., т. IV.

— 1936. Закономерности захоронения в палеонтологии древнейших наземных позвоночных.— Природа, № 4.

— 1939. Значение верхнепалеозойских континентальных бассейнов Сибири в палеонтологии древнейших позвоночных.— Известия АН СССР, сер. биол. № 2.

— 1940а. Тафономия — новая отрасль палеонтологии. Известия АН СССР, сер. биол., № 3.

— 1940б. Предварительное описание новых форм пермских и триасовых Tetrapoda СССР.— Труды Палеонт. инст., т. X.

— 1946. О подклассе *Batrachosauria*, группы форм, промежуточных между земноводными и пресмыкающимися.— Известия АН СССР, сер. биол., № 6.

— 1948. Гондванские фации северных материков.— Известия АН СССР, сер. геол., № 1.

Жемчужников Ю. А. 1923. Типы косой слоистости осадочных образований.— Изд. Географ. ин-та, Петроград.

— 1948а. К вопросу о современном состоянии актуалистического метода в литологии.— Литологический сборник Всес. Нефт. инст., № 1.

— 1948б. Что такое фация.— Литологический сборник Вс. Нефт. инст., № 1.

— 1948в. Общая геология ископаемых углей.— Изд. 2-е, Углетехиздат.

Жуков М. М. 1946. О неполноте геологической летописи в связи с гипотезой «убежищ» (азилей). Бюлл. МОИП, отд. геол., т. XXI, 4.

Кашкаров Д. М. 1945. Основы экологии животных.— Учпедгиз.

Кернер-Марилаун Ф. 1902. Жизнь растений. СПб.

Ковда В. А. 1944. Биологические циклы движения и накопления солей. – Почвоведение, № 4—5.

— 1948. Почвенно-генетический метод.— Новости нефтяной техники, геология, № 1.

Криштофович А. Н. 1941. Палеоботаника.— Ленинград.

Личков Б. Л. 1931—1932. О древних оледенениях и великих аллювиальных равнинах, ч. I и II.— Записки Гос. гидрол. инст., т. IV, 1931 и т. VI, 1932.

— 1944. Осадкообразование, его причины и следствия. I. Современный литогенезис на материковых равнинах.— Почвоведение, № 1.

— 1945а. Осадкообразование, денудация и изменения органического мира.— Доклады АН СССР, нов. сер., т. 47, № 2.

— 1945б. Геологические периоды и эволюция живого вещества.—Журнал общей биологии, т. 6, № 3.

— 1946. Изменения рельефа и эволюция почвенно-иловых образований суши и моря в истории земли.— Известия Таджикского филиала АН СССР, № 11, Сталинабад.

Наливкин Д. В. 1933. Учение о фациях.

Наумова С. Н. 1948. Споры из кембрийских и силурийских отложений. Вестник АН СССР, № 10.

Неймайр Г. 1903. История земли. СПб.

Николаев Н. И. 1946. Генетические типы новейших континентальных отложений.— Бюллетень МОИП, нов. сер., т. 51, сер. геол., т. 21, 4.

Попов В. Н. 1947. К вопросу о поступательно-периодическом (стадийном) развитии фациальных ландшафтов.— Бюллетень САГУ, вып. 25, Ташкент.

Потонье Г. 1934. Происхождение каменного угля и других каустобиолитов.— ОНТИ, Москва.

Пустовалов Л. В. 1937. Условия осадкообразования в верхнепермскую эпоху.— Пробл. советской геологии, т. VII, № 11.

— 1940. Петрография осадочных пород, т. I, Москва.

Самойлов Я. В. 1929. Палеофизиология (палеобиохимия), ее геологическое значение.— Сб «Биолиты».

Северцов С. А. 1941. Динамика населения и приспособительная эволюция животных. Москва.

Страхов Н. М. 1945а. Климатическая зональность в верхнем палеозое на северо-западе Евразии.— Сов. геология, сб. 6.

— 1945б. О сравнительно-литологическом направлении и его ближайших задачах.— Бюлл. МОИП, нов. сер., т. 50, отд. геол., т. 20, вып. 3-4.

— 1945в. О значении современных озерных и лагунных водоемов для познания процессов осадкообразования.— Известия АН СССР, сер. геол., № 1.

— 1946. Историко-геологические типы осадконакопления.— Известия АН СССР, сер. геол., № 2.

— 1947. Железорудные фации и их аналоги в истории земли.— Труды инст. геол. наук, вып. 73. геол. сер., № 22.

Сушкин П. П. 1928. Высокогорные области земного шара и вопрос о родине первобытного человека.— Природа, № 3.

Твенхофел Г. 1932. Основы образования осадков.— Москва.

Тутковский П. А. 1909. Ископаемые пустыни северного полушария.— Землеведение (прилож.).

Abel O. 1935. Vorzeitliche Lebensspuren. Jena.

Andree K. 1924. Das Meer und seine geologische Tätigkeit. Опубликовано в Salomon-Calvi Grundzüge der Geologie, Bd. 1.

Barrell J. 1906. Relative geologic importance of continental, littoral and marine sedimentation.— Journ. Geol., vol. 16.

— 1908. Relation between klimate and terrestrial deposits. Journ. Geol., vol. 16.

— 1912. Criteria for the recognition of ancient delta deposits.— Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 23.

— 1913. The Upper Devonian Delta and the Appalachian geosyncline.— Amer. Journ. Sci., vol. 36 a. 37.

— 1916. Dominantly fluviatile origin under seasonal rainfall of the Old Red Sandstone.— Bull. Geol. Soc. Amer. vol 27.

Berry E. 1922. Environmental interpretation of fossil plants. – Pan-Amer. Geol., vol. 38.

Branson E. 1912. A Mississippian Delta.— Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 23.

Brenner H. 1939. Paläophysiologische Untersuchungen an der fossilen Muskulatur aus der eozänen Braunkohle des Geiseltales.— Nova Acta Leopoldina, Bd. 47.

Brinkmann R. 1926. Tektonik und Sedimentation in deutschen Triasbecken.— Zeitschr. d. deutsch. Geol. Ges. (Abhandl.).

Broili F. 1932. *Anthracosaurus raniceps* Goldenberg.— Zentralbl. Miner· etc. Abt. B. N 1.

— 1938. Über ein neues Wirbeltier aus dem oberen Jura von Franken.— Sitzungsber. Bayer. Akad. Wiss.

Bubnoff S. 1935. Das Alter der Erde und der Gang der Erdgeschichte.— Naturwiss.

Case E. C. 1915. The permocarboniferous Beds of North America and their vertebrata Fauna.— Publ. Carnegie Institution, N 207, Washington.

Chestnut V. K. 1901. The Stock Poisoning Plants of Montana.— U. S. Dept. Agric. Div. Botany, Bull. 26.

Chevalier A. 1909. Les tourbières de rochers de l'Afrique tropicale.— C. R. Acad. Sci. Paris, V, CLXIX.

Dawson J. 1871. The fossil plants of the Devonian and Upper Silurian Formations of Canada.— Journ. Geol. Surv. Canada. Montreal.

Deecke W. 1923. Die Fossilisation. Berlin.

Duparque A. 1933. Structure microscopique du charbon, etc. — Mém. Soc. Géol. du Nord, t. XI.

Eiseley L. 1945. The Mastodon and early man in America.— Science, v. 102, N 264.

Elton Ch. 1927. Periodic fluctuations in the number of Animals, their Cause and Effects.— Brit. Journ. Exper. Biology, vol. II.

— 1931. The study of epidemic diseases among wild animals.— Journ. of Hygiene, v. XXXI, N 4.

Goldenberg F. 1873. Fauna Saraepontana fossilis.— I Heft, Saarbrücken.

Gothan W. 1924. Paläontologische Betrachtungen über die fossile Pflanzenwelt Berlin.

Gregory J. W. 1896. The Great Rift Valley. London.

Gregory J. T. 1948. A new limbless Vertebrate from the Pennsylvanian of Mazon Creek.— Amer. Journ. Sci., vol. 246. N 10.

Harrassowitz H. 1922. Aride Erzanreichung und die Entstehung des Kupferschiefers.— Ber. d. Versamml. d. Niederrhein. Geol. Vereins, 1917—1922. Bonn.

— 1926. Laterit.— Fortschr. d. Geol. u. Pal. Bd. 4. Heft 14.

Hecht F. 1933. Der Verbleib der organischen Substanz der Tiere bei meerischer Einbettung. Senkenbergiana, Bd. 15.

Huene F. 1925. Die südafrikanische Karrooformation als geologisches und faunistisches Lebensbild.— Fortschr. d. Geol. u. Pal., H. 12

Jong C. M. 1930. A year on the Great Barrier Reef. New York.

Kaiser E. 1933. Der Grundsatz des Aktualismus in der Geologie — Zeitschr. d. deutsch. Geol. Ges., Bd. 83, H. 6.

Kerner-Marilaun F. 1934. Paläogeographie. Berlin.

Keyes Ch. 1937. Genetic Setting of some American Red Beds. — Pan-Amer. Geol., v. 69, N 3.

Kraus E. 1921. Zur Stratigraphie u. Paläogeographie des reichsländischen Bundsanstein. — Zeitschr. d. deutsch. Geol. Ges.

Krümmel O. 1912. Handbuch der Ozeanographie, Bd. I, Stuttgart.

Kukuk P. 1938. Die Geologie des niederheinischen westfählischen Steinkohlengebiets, Berlin.

Kummerov E. 1932. Die aktualistische Methode in der Geologie.— Zeitschr. deutsch. Geol. Ges., Bd. 84.

Lull R. S. 1915. Triassic Life of the Connecticut Valley.— Connect. Geol. Soc. Bull., v. 24.

Mac-Gregor A. M. 1927. The problem of the Precambrian athmosphere.— South African Journ. of Sci., vol. 24.

Matthews A. A. 1936. Evidence of flying Reptile from the Permian.—Proc. Geol. Soc. Amer. for 1935. New York.

Matthews W. D. 1915. Climate and evolution. – Annals New York Acad. Sci., vol. 24.

Moodie R. L. 1916. Coal Measures Amphibia of North America. — Publ. Carnegie Inst. Washington.

— 1923. Palaeopathology. Urbana, Illinois.

Nicholson A. J. 1933. The balance of animal population.— Journ. of Animal Ecology, vol. 2, N 1.

Nowack E. 1937. Zur Kenntnis der Karruformation im Ruhuhu-Graben.— Neues Jahrb. für Miner. etc., Beil.-Bd. 78, Abt. B., H. 3.

Olson E. C. 1946. Fresh- and brackishwater vertebrata-bearing deposits of the Pennsylvanien of Illinois.— Journ. of Geol., vol. LIV, N 5.

Osborn H. F. 1906. The Causes of Extinction of Mammals.— Amer. Naturalist, vol. XL, NN 479—480.

— 1910. Age of Mammals.— New York.

Paine G. 1937. Fossilisation of Bone.— Amer. Journ. Sci., vol. 35.

Prichard H. 1902. Through the Heart of Patagonia.— New York.

Purkyně C. 1902. Zur Kenntnis der geologischen Verhältnisse des mittelböhmischen Steinkohlenbeckens, Wien.

Quenstedt W. 1931. Taphocoenose..... etc.— Neues Jahrb. für Miner. etc. Beil.-Bd.

Richter R. 1928. Aktuopaläontologie, und Paläobiologie, eine Abgrenzung. Senkenbergiana, Bd. 19, H. 6.

Rogers A. F. 1924. Mineralogy and petrography of fossil bone. — Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 35.

Romer A. S. 1935. Early history of Texas Red Beds Vertebrates.– Bull. Geol. Soc. Amer., v. 46.

Romer A. S. and Grove B. H. 1935. Environment of Early Vertebrates.— Amer. Midl. Nat., 16.

Russel R. J., Howe H. V. 1936. The Lower Mississippi River Delta.—Louisiana Geol. Surv. Geol., Bull. N 8, New Orleans.

Salomon-Calvi W. 1918. Tote Landschaften und der Gang der Erdgeschichte.— Sitzungsber. Akad. Heidelb., Math. Kl., Abt. A, Abh. N 1.

— 1926. Gibt es Gesteine, die für bestimmte Erdperioden charakteristisch sind.— Sitzungber. Akad. Heidelb., Math. Kl., Abt. A., Abh. 9.

— 1933. Die permokarbonischen Eiszeiten, Leipzig.

Sandberg C. 1932. Der Grundsatz des Aktualismus und die Bestimmung gewisser Ablagerungen als glaziogene.— Zeitschr. d. deutsch. Geol. Ges., Bd. 84.

Saville Kent. W. 1893. On the Great Barrier Reef of Australia. London.

Säve-Söderbergh G. 1932. Notes on the devonian stratigraphy of East Greenland. Meddelelser om Grönland, Bd. 94, N 4, Köbenhavn.

Scott W. 1937. A history of Land Mammals in the Western Hemisphere. 2 ed. New York.

Simpson G. G. 1940. Review of Mammal-Bearing Tertiary of South America.— Proceed. Amer. Philos. Soc., vol. 83.

Thiessen R. and White D. 1913. The origin of coal.— Bull. U. S. Bureau of Mines, vol. 38.

Voigt E. 1935. Die physikalischen und chemischen Bedingungen der Erhaltung von Wirbeltierresten in der Braunkohle des Geiseltales.— Naturwiss. Berlin.

Walther J. und Weigelt J. 1932. Die eozäne Lebewelt in der Braunkohle des Geiseltales.— Nova Acta Leop., N. F. Bd. I, H. 1.

Walton J. 1940. An introduction to the study of fossil plants. London.

Wasmund E. 1926. Biocoenose und Thanatocoenose. Archiv. für Hydrobiologie, Bd. 17.

— 1935. Die Bildung von anabituminosem Leichenwachs unter Wasser. Erdölmuttersubstanz. Schrift a. d. Gebiet d. Brennstoff. Geol., Heft 10, Stuttgart.

Watson D. M. 1926. The carboniferous Amphibia of Scotland. Palaeont. Hungarica, v. 1.

Weidenreich F. 1945. Apes, Giants and Man, New York.

Weigelt J. 1927a. Rezente Wirbeltierleichen und ihre paläobiologische Bedeutung Leipzig.

Weigelt J. 1927в. Über Biostratonomie, eine Betrachtung. Der Geologe N 42.
— 1928. Die Pflanzenwelt des mitteldeutschen Kupferschiefers und ihre Einschaltung ins Sediment. Berlin.
— 1933. Die Biostratonomie der 1932 auf der Grube Cäcilie im Geiseltal entdeckten Leichenfelder.— Nova Acta Leop., Bd. I, H. 2/3.
— 1939. Die Biostratonomie der Geiseltalgrabungen in den Jahren 1937/38.—Nova Acta Leop., Bd. 7, N 74.
Wepfer E. 1916. Ein wichtiger Grund für die Lückenhaftigkeit paläontologischer Überlieferung.— Centralbl. für Miner. etc.
— 1922. Terrestrische Einflüsse bei der marinen Sedimentation und ihre Bedeutung.— Zeitschr. d. deutsch. Geol. Ges., Bd. 74
— 1923. Der Buntsandstein des Badischen Schwarzwaldes und seine Labyrinthodonten. Berlin.
White D. 1933. The Role of Water Conditions in the Formation and Differentiation of Coal.— Economic Geology, vol. XXVIII, N 6.
Wilser J. 1931. Lichtreaktionen in der fossilen Tierwelt. Berlin.
Young R. B. 1928. Pressure phenomena in the dolomitic limestones of the Campbell Rand Series in Griqualand West.— Trans. Geol. Soc. South Africa, vol. 31.
Zeličko J. 1936. Weitere neue Belege über die Ursachen des Massentodes rezenter Wirbeltiere. Paläont. Ztschr., Bd. 18.
Zuidema H. P. 1947. A marsupial «tiger» is found in Nebraska. The Earth Sci. Diggest., vol. 2, N 1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3

Глава I. Источники тафономии 6

Глава II. Обзор главнейших местонахождений наземных позвоночных и типов нахождения флор в палеозое 10

1. Силур 10
2. Девон 12
3. Карбон 16
4. Пермь 32
5. О местонахождениях наземных позвоночных мезозоя 62
6. О местонахождениях наземных позвоночных кайнозоя 69

Общие выводы 78

Глава III. Геологическая деструкция и сохранение континентальных осадков во времени. Литолеймономия и тафономия наземных фаун и флор 82

Глава IV. Основные факторы образования местонахождений наземной фауны и флоры 101

1. Биологические факторы образования местонахождений 103
2. Главные факторы процессов захоронения. 107
3. Главные факторы фоссилизации (минерализации) органических остатков 112

Общие выводы 116

Глава V. Вскрытие местонахождений 120

Глава VI. Типы местонахождений наземных позвоночных 125

Глава VII. Примеры тафономических поправок к вопросам эволюции наземных позвоночных 131

Глава VIII. Реконструкции образа жизни древнейших наземных позвоночных, ландшафтов и климатов прошлого; актуалистический метод в тафономии 144

Глава IX. Пути и методы тафономических исследований 163

1. Непосредственный фактический материал тафономии 164
2. Сравнительный фактический материал тафономии и литолеймономии 167

Заключение 172

Литература 173

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии Наук СССР

*

Редактор издательства *Е. И. Авдусина*
Технический редактор *А. А. Киселева*
Корректор Н. С. Родина

*

РИСО АН СССР № 3711. Т-00810. Издат. № 2252
Тип. заказ № 2480. Подп. к печ. 21. I. 1950 г.
Формат бум. 70×108$^{1}/_{16}$. Печ. л. 11$^{1}/_{4}$
Уч.-издат. л. 15,3. Тираж 1200.

2-я тип. Издательства Академии Наук СССР
Москва, Шубинский пер., д. 10