

М. Е. ЗУБКОВИЧ

МЕТОДЫ
ПАЛЕОНТОЛОГО-
СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ОСНОВЫ
БИОСТРАТИГРАФИИ

МЕТОДЫ ПАЛЕОНТОЛОГО- СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ОСНОВЫ БИОСТРАТИГРАФИИ

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебного пособия для студентов геологических специальностей высших учебных заведений



ИЗДАТЕЛЬСТВО

«ВЫСШАЯ ШКОЛА»

МОСКВА — 1968

В книге изложены методы палеонтолого-стратиграфических исследований в связи с рассмотрением биостратиграфии как отрасли стратиграфии, построенной на основе данных истории развития органического мира. Освещены предмет и задачи биостратиграфии, ее значение и связь с родственными науками, основные этапы применения палеонтолого-стратиграфических методов и развития биостратиграфии с наметкой периодизации ее истории.

Изложены основы стратиграфической классификации, принимаемые в настоящее время большинством советских стратиграфов. Два вопроса вследствие их большой практической важности выделяются в самостоятельные разделы. Это зональное деление и понятие о горизонте как объемной стратиграфической единице, в связи с разработкой корреляционных стратиграфических схем для территории СССР и отдельных ее регионов. Рассматриваются методы стратиграфического расчленения и корреляции разрезов с приведением краткой характеристики физических (непалеонтологических) методов, применяемых при комплексных исследованиях.

Излагаются методы палеонтолого-стратиграфических исследований (для удобства рассмотрения разделены на подгруппы) и разбирается комплексный палеогеографический метод. Освещаются факторы, осложняющие применение палеонтологических методов в стратиграфии. Рассматриваются принципы обоснования стратиграфических границ палеонтологическими методами и сопоставления разнофациальных отложений на основе этих методов. При анализе биостратиграфического значения разных групп организмов дается их общее и практическое значение.

В книге 27 рисунков, 3 таблицы, 165 библиографий.

Предлагаемая вниманию читателей книга составлена как учебное пособие по спецкурсу «Методы палеонтолого-стратиграфических исследований», предусмотренному учебным планом государственных университетов. Однако основные сведения, изложенные в ней, могут представлять интерес не только для студентов геологической и, в первую очередь, палеонтологической специальности университетов, нефтяных и геологоразведочных институтов, но и для широкого круга стратиграфов и геологов, занятых геологической съемкой и поисками месторождений полезных ископаемых. Изложение методов палеонтолого-стратиграфических исследований дается в связи с рассмотрением биостратиграфии, как отрасли стратиграфии, построенной на палеонтологическом методе. Поэтому освещение принципов стратиграфической классификации, принимаемых в настоящее время большинством советских стратиграфов, представляет один из основных разделов курса, а не вводную главу к его основному содержанию.

При составлении данной книги были использованы материалы по спецкурсу «Основы биостратиграфии», который мне представилась возможность читать на геологическом факультете Московского государственного университета для студентов палеонтологической специальности с 1955/56 учебного года. Вначале единственным одноименным пособием являлась книга Карла Динера, написанная в 1925 и переизданная у нас в 1934 г. Но, как указывалось в аннотации к русскому переводу, она и тогда не могла служить учебником для начинающих, так как требовала определенной подготовки. Книга изобиловала большим фактическим материалом, расположенным не в строго систематическом порядке.

Разработка курса велась в основном по различным литературным источникам с привлечением новых материалов, появлявшихся в печати. Среди них необходимо отметить работы, включавшие определенные обобщения по затрагиваемым курсом вопросам, а именно вышедшие в 1958 г. «Принципы и методы биостратиграфических исследований» Д. Л. Степанова, «Принципы стратиграфии и унифицированная схема кайнозоя» Б. П. Жижченко и в 1962 г. — «Биостратиграфические основы

сопоставления морских, лагунных и континентальных свит» В. В. Меннера.

Изложение материала рассчитано на подготовку студентов-палеонтологов Московского государственного университета, которые, помимо обширной программы по палеонтологии, слушали спецкурсы, посвященные детальному разбору наиболее распространенных групп организмов и проблемам палеонтологии. Поэтому отдельные палеонтологические проблемы рассматриваются здесь только в связи с их значением для биостратиграфии, но подробно не разбираются. Опускается, как хорошо известная по другим курсам, сама палеонтологическая характеристика и хронология отдельных групп организмов. С другой стороны, целевое назначение данной книги, как учебного пособия, а не учебника, позволило не ограничиться только сжатым изложением основной сути изучаемой дисциплины, а привести целый ряд материалов справочного характера.

Появление палеонтологического метода изучения осадочных наслоений земной коры на грани XVIII и XIX вв. сразу обеспечило ему широкое применение в стратиграфии и дало начало целому ряду конкретных палеофаунистических, а затем и палеофлористических методов. Вместе с этим возникла биостратиграфия как отрасль стратиграфии, основанная на применении палеонтологического метода, хотя свое наименование она получила значительно позже, в начале XX века.

Термин «биостратиграфия» был введен известным бельгийским палеонтологом Луи Долло в 1909 г. в работе «Этологическая палеонтология» и в скором времени прочно вошел в науку, хотя сейчас мы понимаем под этим термином совсем не то, что понимал его автор.

В этой работе Долло заложил основы современной палеоэкологии, стремясь выяснить исторические изменения отношений животных к среде, т. е. историю их приспособлений. Направление, изучающее эту историю, он назвал этолого-палеонтологическим (этос — привычка, этология в узком понимании — рассуждение о нравах и поведении).

В области изучения исторического развития органического мира и процесса развития приспособлений животных к условиям среды Долло не просто выяснял функциональное значение того или иного органа, но всегда выяснял историческое развитие приспособлений и причины процесса. Он говорил, что различает филогенетическую палеонтологию, которая занимается изучением наследственных признаков для установления филиаций, и этологическую палеонтологию, занимающуюся изучением адаптивных признаков для установления конвергенций.

Разбирая объекты изучения этологической палеонтологии, Долло делил все организмы на две группы. В одну группу им выделялись организмы, морфология скелета которых была многообразна. К ним он относил позвоночных, иглокожих, членистоногих. Их он считал достойными объектами палеонтологии. Другую группу, по его представлению, составляли организмы, морфология скелета у которых маловыразительна. К этой группе он относил в основном моллюсков и брахиопод. Он считал, что эта группа мало что может дать для этологической палеонтоло-

гии, что она пригодна только для установления геологического возраста, и отдавал изучение этой группы геологам. Науку, изучающую эту группу организмов с целью получения данных для геохронологии, Долло и назвал биостратиграфией.

«Я называю *биостратиграфией*, — пишет он, — то, что обычно понимается под именем стратиграфической палеонтологии, в противоположность *чистой палеонтологии*, которую я называю просто палеонтологией»¹.

Таким образом, биостратиграфия оказалась у него не частью стратиграфии, а палеонтологией, отделенной от остальной палеонтологии и рассматривающей историческое развитие небольшой, по сравнению с остальными, группы организмов только для установления геологического возраста вмещающих отложений. Такое разделение было в корне неверным. Как для палеоэкологии необходимо изучение всех групп животных, так и геологу для геохронологии необходим комплексный подход, опирающийся на данные по всем группам ископаемых.

Неудачное определение задач биостратиграфии у Долло основывалось на отрыве его этолого-палеонтологических исследований от геологического изучения местонахождений ископаемых организмов, т. е. областей, которые они некогда населяли. Сам он редко выезжал из Брюсселя, не принимал непосредственного участия в экспедициях и раскопках, в чем выражалась некоторая ограниченность его исследований и его метода.

Однако труды Долло имеют значение и для исторической геологии (в том числе для геохронологии). Он совершенствовал метод палеонтологических исследований и тем способствовал повышению теоретического уровня стратиграфии и геохронологии.

Хотя содержание и задачи биостратиграфии были изложены Долло неверно, термин этот прижился. В 1916 г. вышла работа Ведекинда «Об основах и методах биостратиграфии», а в 1925 г. — книга профессора Карла Динера «Основы биостратиграфии», написанная по курсу лекций, прочитанных им в Венском университете.

По К. Динеру биостратиграфия обнимает всю ту область, в которой палеонтология оказывает влияние на историческую геологию. К этой области относится значительная часть стратиграфии, но ею захватываются также многие вопросы, входящие в хорологию, палеогеографию, палеоклиматологию. Основой биостратиграфии К. Динер считает изучение органической жизни в ее исторической связи и в ее соотношениях с окружающей средой.

¹ L. Dollo. La paléontologie éthologique. Bull. de la Soc. Belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie, t. XXIII, 1909, p. 386.

На первых порах отсутствует еще четкая формулировка содержания биостратиграфии. Так, Г. Ф. Мирчинк (1935) также определяет биостратиграфию как пограничный между палеонтологией и исторической геологией раздел науки, задачей которого является установление биомического значения и стратиграфического распространения различных групп ископаемых животных и растений.

И. А. Коробков (1950) дает биостратиграфии близкое к Динеру толкование. Д. Л. Степанов (1958) рассматривает биостратиграфию уже как часть стратиграфии, хотя иногда трактует ее как область применения палеонтологического метода в стратиграфических исследованиях.

Наиболее четкое определение биостратиграфии, которое целиком принимается в настоящей работе, дается составителями «Геологического словаря» (1955): биостратиграфия представляет отрасль стратиграфии, построенную на палеонтологическом методе, на основе истории развития органического мира.

Следовательно, биостратиграфия — это стратиграфия преимущественно осадочных отложений, расчленение которых основывается в первую очередь на палеонтологических данных. Специфичность и ведущее значение палеонтологических методов там, где они могут быть применены, выделяют биостратиграфию в самостоятельную отрасль. Но стратиграфия, как целое, включает и области, на которые биостратиграфия не распространяется (например, расчленение изверженных и метаморфических толщ структурно-петрологическими методами), и саму биостратиграфию.

То, что подобная трактовка биостратиграфии не является чисто теоретической формулировкой, а принимается стратиграфами в их практической деятельности, можно увидеть, например, в работе Е. А. Ивановой и И. В. Хворовой (1955), посвященной стратиграфии среднего и верхнего карбона западной части Московской синеклизы. Стратиграфический раздел этой работы носит наименование «Основные вопросы биостратиграфии среднего и верхнего карбона Русской платформы» и включает такие разделы, как принципы выделения стратиграфических единиц и расчленение верхнего и среднего отделов каменноугольной системы.

Стратиграфия — наука геологическая, и, следовательно, биостратиграфия, как ее отрасль, тоже является наукой геологической, но очень тесно связанной с такой биологической наукой, как палеонтология. Биостратиграфия представляет, таким образом, один из важнейших путей, по которому достижения биологической науки (в первую очередь палеонтологии) передаются в практику геологоразведочного дела.

Предметом биостратиграфии является разработка принци-

пов и методов стратиграфического расчленения и стратиграфической корреляции разрезов на основе закономерностей исторического развития органического мира.

Принцип последовательной смены фаунистических и флористических комплексов, связанной с этими закономерностями, составляет фундамент биостратиграфического анализа. Главными же задачами биостратиграфии являются стратиграфическое расчленение разрезов, или детальное выяснение последовательности напластования различных толщ и слоев в них, и стратиграфическая корреляция, т. е. сопоставление между собой более или менее удаленных разрезов без непосредственного прослеживания отдельных слоев и горизонтов. Эти задачи биостратиграфия решает на основе указанных выше закономерностей.

Значение стратиграфии и биостратиграфии, как ведущей ее отрасли, уже ясно из того, что изучение геологического строения любого района начинается с составления сводного стратиграфического разреза, придерживаясь которого, можно вникать во все большие и большие подробности. Чем точнее нужно установить детали геологического строения района и историю его развития, тем более дробно должен быть расчленен разрез. Таким образом, стратиграфия представляет тот фундамент, на котором строится тектоника и палеогеография.

Совершенно очевидно, что поиски и разведка месторождений полезных ископаемых не могут проводиться без детального изучения геологического строения отдельных регионов и в первую очередь без геологического картирования. Основой для составления детальной геологической карты является дробно расчлененный стратиграфический разрез, без которого нельзя выявить ни тектонического строения исследуемой территории, ни распространения отдельных горизонтов.

В области развития осадочных отложений первостепенное значение при установлении детального стратиграфического разреза будут иметь палеонтологические методы, уступая свое место другим методам в районах развития мощных немых толщ, а также изверженных и метаморфических пород.

Значение детального стратиграфического расчленения разрезов возрастает при все шире развивающихся у нас работах по прогнозу распространения полезных ископаемых. Это требует для всей территории нашей страны непрерывного уточнения конкретных региональных стратиграфических схем, чему в значительной мере способствует расширение круга биостратиграфических методов и повышение точности их результатов.

Рассмотрим теперь взаимоотношения биостратиграфии с другими науками. Биостратиграфия тесно связана с палеонтологией, да это и понятно, раз биостратиграфия в первую очередь базируется на применении палеонтологического метода. Она основывается как на всестороннем изучении ископаемых форм,

так и на данных по изучению современной фауны и флоры. Без изучения эволюционного развития фауны и флоры невозможно правильно определить объем соответствующих стратиграфических единиц.

В свою очередь такие разделы палеонтологии, как систематика, морфология, палеоэкология, немыслимы без изучения эволюционного развития организмов, а эволюционное развитие, особенно ископаемых групп, можно проследить только при изучении стратиграфического разреза отложений, в которых эти группы встречаются. Поэтому биостратиграфия должна учитывать данные таких важных разделов палеонтологической науки, как палеофаунистика и палеофлористика, всесторонне изучающих древние фауны и древние флоры в их развитии.

Рассмотрим отношение биостратиграфии к исторической геологии. Основная задача исторической геологии — восстановление последовательного хода развития земной коры и изучение его закономерностей. Историческая геология охватывает несколько крупных разделов, в том числе геохронологию. Наиболее тесно, как отрасль стратиграфии, биостратиграфия связана с геохронологией. Принципиальной основой для выделения стратиграфических единиц являются определенные историко-геологические закономерности и, в первую очередь, периодичность и необратимость явлений в ходе исторического развития Земли. Периодичность в истории Земли выявляется по смене этапов длительного, относительно спокойного, развития этапами относительно бурного, скачкообразного, развития.

Качественное различие отдельных сходных этапов легче всего устанавливается благодаря явлениям необратимости в процессе развития Земли. Необратимость процесса ее эволюции наиболее четко и ясно выявляется при изучении характера изменений органического мира.

Живые организмы являются наиболее чуткими индикаторами изменения окружающих условий. Часто невозможно отличить литологически сходные породы в палеозое, мезозое и кайнозое только по их свойствам, хотя отличия должны быть, так как повторения любого процесса в совершенной точности не бывает. А на объектах ископаемого органического мира можно очень хорошо и резко выделять отдельные этапы. Если мы встретим, например, трилобитов, то можем быть уверенными, что имеем дело с палеозойскими отложениями, если динозавров, то с мезозойскими и т. д. и т. л. Следовательно, изменения органического мира являются одним из важнейших факторов при выделении стратиграфических единиц и особенно при определении их объема. Отсюда ясна роль биостратиграфии при решении вопросов относительной геохронологии, о чем подробнее будет сказано в дальнейшем.

Биостратиграфия также тесно связана и с палеогеографией.

С одной стороны, палеогеография пользуется данными биостратиграфии для выяснения, например, возраста отдельных бассейнов и уточнения изменений физико-географических условий в течение истории их развития. А биостратиграфия пользуется данными палеогеографии, так как иногда расчленение разрезов может проводиться по выявленным разными методами палеогеографическим изменениям, или последние могут привлекаться в комплексе для подтверждения данных, полученных на основании изучения палеонтологического материала.

По остаткам органического мира можно судить, например, о величине бассейна, который занимал в прошлом ту или иную территорию. Иногда распространение отложений само говорит о его размерах, но если эти отложения в последующем сохраняются до наших дней лишь в небольшой части, то характер включенных в них ископаемых в ряде случаев может позволить судить о том, что это был за бассейн. Например, массовая встречаемость представителей родов *Varianussium* и *Amussium*, характерных для открытых океанических бассейнов, говорит о большой величине ископаемого бассейна (И. А. Коробков, 1955 а). Затем, по определенным фаунистическим комплексам можно судить о глубине бассейна, о спокойствии вод или наличии течений, о нормальной солености вод или об отклонениях от нормы, о газовом режиме, о характере грунта и т. д.

Все это помогает воссоздать палеогеографическую обстановку прошлого для определенного промежутка геологического времени на основании материалов, получаемых при изучении его стратиграфических эквивалентов.

Из всего сказанного ясно, что биостратиграфия тесно связана и с учением о фациях, являющимся введением в палеогеографию, помогая сопоставлению разрезов не только однотипных отложений, но и разнофациальных, причем биостратиграфические методы являются здесь ведущими. Поэтому она тесно соприкасается с учением о фациях. В свою очередь данные биостратиграфии помогают выявлению фациальных обстановок. Такова связь биостратиграфии с ближайшими родственными науками.

ОТ ПЕРВЫХ ИДЕЙ К ПЕРВЫМ СТРАТИГРАФИЧЕСКИМ СХЕМАМ

Как уже говорилось, биостратиграфия возникла на рубеже XVIII и XIX столетий, хотя отдельные очень существенные для нее положения были высказаны гораздо раньше. Еще в глубокой древности обратили внимание на периодичность некоторых явлений в развитии Земли. А периодичность является одной из закономерностей, на основе которой в настоящее время выделяются геохронологические и соответствующие им стратиграфические единицы. Явление периодичности подметил еще Аристотель в IV в. до н. э. Он отмечал, что не всегда море и суша были на тех же местах, где видим их сейчас. Но там, где прежде было море, затем появлялась суша, и, наоборот, где была суша, приходило море. Таким образом можно установить последовательные изменения в развитии отдельных областей, сменяющих друг друга в определенном порядке.

Ряд передовых идей, имеющих отношение к биостратиграфии, высказал Леонардо да Винчи (1452—1519). Так, им тогда уже правильно отмечалось, что ископаемые животные организмы, морские раковины, включенные в толщи пород, обнажающиеся сейчас высоко в горах, представляют собой остатки животных, некогда обитавших в морях. Эти моря в прошлом были распространены как раз там, где сейчас располагаются горы или вообще суша. Важным было указание Леонардо да Винчи на значение наблюдаемой последовательности в напластовании горных пород, так как изучение этой последовательности может помочь восстановить постепенный ход истории развития той или иной области. Однако эти высказывания не были оценены современниками и очень долго не вспоминались последующими поколениями.

Необходимо отметить важный вклад в стратиграфию (а это касается и биостратиграфии, как ее отрасли) Николауса Стенона (1638—1687). В 1669 г. вышло его сочинение «О твердых произведениях Земли». В нем были изложены некото-

рые положения, которые теперь нам кажутся аксиомами, понятиями, само собой разумеющимися, но для того времени открытие их явилось важным вкладом в развитие геологической науки.

Одним из важных моментов у Стенона являлось установление стратиграфического принципа расчленения разреза: если один пласт налагает на другой, то подстилающий является более древним, а покрывающий — более молодым. Им же было указано на часто встречающееся наклонное залегание пластов. Такое залегание Стенон считал вторичным, объясняя его действием подземного огня и лава.

Надо отметить, что Стенон дал не только перечисление открытых им принципов геологического и стратиграфического изучения отложений, но постарался применить эти принципы на практике. Так, им была изложена история последовательно-го геологического развития провинции Тосканы, в которой он выделил шесть этапов. Это еще не было стратиграфическим расчленением, как мы его сейчас понимаем, не было стратиграфической схемой. Однако выделенным, на основании изучения последовательности напластований в разрезе, этапам в геологическом развитии Тосканы Стенон придавал довольно универсальное значение, стремясь распространить их далеко за пределы изучавшейся им области.

Важным этапом в развитии геологических наук вообще и стратиграфии в частности явились труды М. В. Ломоносова (1711—1765). Особого внимания заслуживает его работа «О слоях земных», опубликованная в 1763 г. В ней он высказал много передовых идей, не все из которых были поняты учеными того времени и вскоре оказались забытыми, чтобы гораздо позже, в конце XIX — начале XX вв., стать переоткрытыми вновь. Здесь невозможно остановиться на всех проблемах, которые М. В. Ломоносов затрагивает в этой книге, поэтому ниже будут отмечены только некоторые, имеющие значение для стратиграфии и биостратиграфии.

Важной для развития стратиграфии проблемой явилась в то время проблема продолжительности геологического времени, без представления о которой невозможно было бы подметить происходящие на Земле перемены и даже вообще говорить об истории Земли. Все то, что уже было известно Ломоносову, явно не укладывалось в библейские 6000 лет. Рассматривая вопрос об изменениях климата, происходивших на Земле, он говорит, что эти изменения можно объяснить изменением наклона эклиптики и что такое изменение по вычислениям еще ученых древности могло произойти за 399 000 лет.

Однако Ломоносов основывается не только на представлениях предшественников, но видит подтверждение своим положениям в окружающем мире: «Находят много алмазов со всем

обитых и обточенных. Известно же, коль великого труда требует алмаз, чтобы огранить, и каких крепких материй, какого скорого машины движения; то можно рассудить, сколько требовал он времени, что бы валяясь в песку, мог потерять свои углы. При том оспорить нельзя, что иногда лежал алмаз несколько веков не подвижно на одном месте, и не мог потерять от своих углов ниже пылинки»¹.

С появлением представления о продолжительности геологического времени получила начало наука о процессах развития Земли, т. е. наука об истории Земли.

Если коснуться более близких проблем к биостратиграфии, то необходимо отметить твердое отстаивание Ломоносовым морского происхождения тех ископаемых, которые в настоящее время встречаются в горах или вообще на суше, но своим строением свидетельствуют об их морском происхождении. Как отмечалось выше, об этом говорил уже Леонардо да Винчи, но даже во времена Ломоносова большинство было склонно приписывать нахождение морских раковин на суше следствию «всемирного потопа».

Ломоносов не подошел еще к определению относительного возраста слоев по находимым в них ископаемым, но им уже определенно указывалась возможность восстанавливать на основании их изучения климатические условия прошлого и изменения этих условий.

В частности, в то время возник спорный вопрос, как объяснить довольно многочисленные находения костных остатков слонов (за которые принимались остатки мамонтов) в Западной Европе и Сибири. Ведь слоны считались животными, характерными для территорий с жарким климатом, резко отличавшимся от современного климата районов костных местонахождений. Если на территории Сибири водились слоны, климат ее в прошлом был значительно теплее. Однако слоны, указывает Ломоносов, по каким-либо причинам могли прийти сюда и сами. Но помимо слонов в северных широтах встречаются остатки беспозвоночных и трав, близкие формы к которым в настоящее время живут в жарком климате, что было для Ломоносова наиболее убедительным доказательством изменения климата.

Следовательно, можно считать, что в местах, где встречаются остатки организмов тропического облика и где теперь господствует умеренный или холодный климат, природные условия раньше были иными, благоприятными для проживания тропических животных и растений.

Таким образом, уже Ломоносов наметил возможность определения по ископаемым палеогеографической обстановки, а па-

¹ М. В. Ломоносов. О слоях земных и другие работы по геологии. Госгеолгиздат, 1949, стр. 103.

леогеографические изменения широко привлекаются сейчас для решения конкретных задач стратиграфии и биостратиграфии.

С середины XVIII века начали появляться прообразы стратиграфических схем, которые по сути дела явились первыми попытками расчленения горных пород по времени их образования. Одна из таких схем была изложена Джованни Ардуино (1714—1795), профессором металлургической химии и минералогии в Венеции и Падуе.

В 1760 г. Ардуино предложил различать четыре типа гор. Примитивные или минеральные горы из «стекловидных» пород (сланцевые сланцы, прорезанные кварцевыми жилами), заключающие руды, но не содержащие органических остатков. Вторичные горы, сложенные, в основном, мраморами и слоистыми известняками с морскими ископаемыми. Третичные горы — низкие горы и холмы из гравия, песка, глины, мергеля с остатками морских животных. Четвертое подразделение гор, представляющее мощные земляные и каменные выносы горных потоков (по сути дела пролювиальные отложения в теперешнем понимании).

У Ардуино не было еще четких стратиграфических единиц, соответствующих определенным этапам в развитии Земли, хотя некоторая последовательность появления гор подразумевалась.

В скором времени после Ардуино предложил свою схему Иоганн Готлиб Леман (1700—1767). В 1762 г. на заседании Петербургской Академии наук он изложил свою схему, которая носила очень сильный библейский отпечаток. Все породы, составляющие земную кору, были сгруппированы в две основные группы.

Во-первых, первобытные образования — «первозданные горы», существующие с «сотворения мира». К ним он относил кристаллические горные породы, образовавшиеся, по его мнению, в результате кристаллизации вещества из всемирного океана. Эти породы не содержат органических остатков, богаты рудами и характеризуются правильным строением, отражающим наличие трех поясов, или трех трактов. С каждым поясом связано определенное направление трещин, а с ними распределение рудных жил, содержащих свои полезные ископаемые в каждом поясе. Ценным в этих представлениях Лемана было введение понятия о рудных поясах.

Во-вторых, образования, или горы, второго рода. Они произошли, по его представлениям, за счет плодородных почв, смытых «потопом» с первобытных гор и переотложенных у их подножья. Поэтому в них уже встречаются органические остатки. Эти отложения претерпевали изменения, цементируясь циркулирующими растворами, а также под влиянием подземного огня и землетрясений. Кроме того, выделялись «аллювиальные» отложения, к которым относились современные наносные образования.

Почти одновременно, в том же 1762 г., была изложена стратиграфическая схема Георга Христиана Фюкселя (1722—1773). В работе, посвященной геологической истории Тюрингии, он детально описывает разрез ее северных предгорий и расчленяет все осадочные образования на девять серий, или толщ, от каменноугольной с остатками растений внизу до раковинного известняка сверху. Для каждой толщи Фюксель указал помимо характерного литологического состава и его изменений характерные окаменелости. Им уже различались пласты с наземными органическими остатками и только с морскими, но он еще не дошел до установления по ископаемым относительного возраста пластов. Фюксель указывает, что наблюдаемая в разрезе последовательность слоев является результатом многократных наводнений. Слои образуются один за другим и, следовательно, на образование больших толщ требуется очень долгое время. Все слои являются свидетелями пережитых Землей изменений, которые, по мнению Фюкселя, подобны совершающимся ныне изменениям и носят по сути тот же характер.

Самым интересным в работах Фюкселя было введение представления о формации, как о комплексе слоев, отложившихся в одинаковых условиях и относящихся к одной из эпох в истории Земли. Таким образом, впервые в науку о строении Земли был введен элемент времени. Формации Фюкселя по объему и содержанию не являлись еще теми единицами, которые в XIX веке получили наименование формаций и более или менее близко соответствовали тому, что мы понимаем сейчас под термином «система». Но это были по сравнению с подразделениями предшественников и современников Фюкселя первые в полном смысле этого слова стратиграфические единицы, представляющие определенные комплексы отложений, которые по времени своего образования должны были отвечать определенным промежуткам в истории Земли. Этим промежуткам Фюксель дал свои номенклатурные наименования, создав прообраз параллельной классификации подразделений отложений и подразделений геологического времени. Поэтому Фюксель считается одним из основоположников стратиграфии.

Рассмотрим стратиграфические воззрения двух основных школ в геологии, сложившихся во второй половине XVIII века. В связи с этим кратко изложим взгляды Авраама Готлиба Вернера (1750—1817), признанного главы школы нептоунистов. Придавая формациям, введенным до него, литолого-генетический смысл, Вернер объединил их в несколько больших групп, а так как по представлениям нептоунистов все главные горные породы произошли из вод мирового океана, сплошь опоясывавшего Землю, то эти группы должны были иметь почти повсеместное значение. На самом деле в них были объединены отложения разного возраста и стратиграфического положения. Та-

ким образом, в основу стратиграфического деления непунистов была положена идея, устаревшая даже для своего времени, так как тогда уже были высказаны взгляды Ломоносова на перво-степенное значение земного жара, т. е. внутренних сил Земли, и развивались взгляды школы плутонистов.

Первым подразделением у Вернера явилась первозданная группа, или первозданные горы, куда относились породы, которым приписывалось чисто химическое происхождение путем осаждения из морских вод. Сюда включались все изверженные и большинство метаморфических пород.

Вторую группу составляли переходные породы, образование которых связывалось с понижением уровня океана, что должно было привести к появлению некоторых участков суши и добавлению обломочного материала к химически осаждающимся минеральным массам.

Третья группа — слоистые (флецевые) породы, которые преимущественно состояли уже из обломочного материала. Считалось, что уровень мирового океана еще больше понизился, и начали преобладать процессы разрушения пород первой группы с переотложением продуктов разрушения в виде слоистых пород.

И, наконец, четвертая группа — новейшие наносы, или аллювиальные образования, представленные, в основном, песками, суглинками, супесями и торфом. Это — наиболее молодые породы, образующиеся повсеместно и в наше время.

Игнорирование Вернером значения эндогенных процессов сказалось и на его умозрительной стратиграфической схеме. Несколько позже ей был придан некоторый стратиграфический смысл, и она явилась как бы первой общей стратиграфической шкалой.

Взгляды школы плутонистов изложены в книге ее главы, шотландского геолога Джемса Геттона (1726—1797) «Теория Земли», вышедшей в 1795 г. Геттон подчеркивает, что Земля не всегда имела нынешний вид, но претерпевала и претерпевает непрерывные изменения. При этом в основном действуют два процесса. Первый — это уничтожение суши, разрушение горных пород и переотложение их на новом месте, и второй процесс — уплотнение осадков и поднятие их эндогенными силами со смятием в складки и образованием новых материков. В осадочной толще, слагающей земную кору, Геттон выделил «первичные» и «вторичные» слои, более или менее близко соответствовавшие установленным позже палеозойской и мезозойской группам, дав ее расчленение на самые крупные стратиграфические единицы.

Ценным во взглядах Геттона, особенно для стратиграфии и биостратиграфии, является представление о значительной продолжительности геологического времени. Как упоминалось

выше, об этом уже говорил Ломоносов, но многие передовые идеи в науке оставались незамеченными или непонятыми современниками и требовали долгого и многократного повторения, пока они не получали признания.

Геттон обратил внимание на то, что огромные слоистые толщи, обнажающиеся в настоящее время на земной поверхности, состоят из тех же обломков, из тех же песчинок и илистых частиц, которые сейчас можно наблюдать в формирующихся морских осадках. Значит, все эти частицы в свое время сносились с суши и отлагались в море. Работа агентов разрушения, как нам известно, очень медленна. Следовательно, в процессе бесконечных преобразований лика Земли они могли разрушить прежнюю сушу и обусловить накопление толщ огромной мощности только при чрезвычайной длительности их действия, выходящей за масштабы тех отрезков времени, с которыми человек встречается в своей повседневной жизни. Введение этого представления в геологию открывало человечеству почти безграничные перспективы времени. С того момента, когда была осознана колоссальность геологического времени, научную основу обрело учение о развитии. Эволюционный процесс получил геологическое время и благодаря этому начали развиваться как геохронология, так и учение об эволюции органического мира. Это уже произошло на следующем этапе развития стратиграфии и био-стратиграфии в начале XIX века.

Таким образом, предлагавшиеся в XVIII веке статиграфические схемы в основном базировались на литологических особенностях пород и на наблюдаемой или предполагаемой последовательности их напластования. Еще отсутствовало понятие об относительном возрасте пород и толщ и о нормальной последовательности напластований. Однако развитие геологии и, в частности, представление о колоссальности геологического времени обусловили появление этих понятий на рубеже XVIII и XIX вв.

ПОЯВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ БИОСТРАТИГРАФИИ

Представление об относительном возрасте пород возникло в скором времени благодаря введению палеонтологического метода, который был применен Вильямом Смитом в Англии, а также Жоржем Кювье и Александром Броньяром во Франции.

Вильям Смит (1769—1839), землемер-самоучка, работавший на прорытии каналов в юго-восточной Англии, обратил внимание на следующие особенности вскрытых выемками отложений. Во-первых, разные пласты характеризуются разными органическими ископаемыми, включенными в них. При этом пласты, расположенные в вертикальном разрезе близко друг к другу, характеризуются сходными ископаемыми, далеко отстоящие друг от друга пласты содержат резко отличные органические остатки.

Во-вторых, если проследить какой-либо пласт по простира-нию (благодаря прорытию каналов такие проследивания были легко осуществимы на далекие расстояния), то можно заметить, что комплекс органических остатков в нем не меняется даже в случаях некоторого изменения минералогического состава на отдельных участках. Следовательно, один и тот же пласт может быть прослежен в пространстве по свойственным ему органическим остаткам, а комплекс таких остатков представляет достаточно определенную характеристику для данного пласта.

В-третьих, если изучать состав органических остатков в вертикальном разрезе от слоя к слою, то можно установить последовательность напластования, отвечающую хронологическому порядку отложения слоев на дне моря. Эти положения Вильяма Смита подвели научную базу под стратиграфию, а в 1799 г., когда им была дана «Шкала осадочных образований Англии», возникла ее основная отрасль — биостратиграфия.

Во Франции работы такого направления велись Жоржем Кювье (1769—1832) и Александром Броньяром (1770—1847). При изучении разреза Парижского бассейна ими было замечено, что в самом низу слои (относящиеся теперь к меловой системе) содержат фауну, которая и по видовому, и по родовому составу отличается от фауны более верхних слоев и от современной фауны. В более верхних слоях (которые затем были выделены в третичную систему) родовой состав почти тождествен с родовым составом современной фауны, но встречаемые виды отличны от современных. И, наконец, самые верхние слои содержат фауну, состоящую в родовом и видовом отношении из представителей, близких современным и современным.

Однако Кювье и Броньяр, помимо расчленения толщи на отдельные слои и пачки в возрастном отношении, по характеру ископаемых восстанавливали условия их существования и последовательную смену морских и континентальных обстановок в течение геологического развития Парижского бассейна. В 1807 г. они составили географо-минералогическое описание Парижского бассейна с приложением геологической карты, где выделили породы разного возраста. Таким образом, была восстановлена геологическая история Парижского бассейна, а на базе стратиграфии возникла новая отрасль геологических знаний — историческая геология.

Кювье заинтересовался ископаемыми как предшественниками ныне живущих форм и положил начало палеонтологии (вернее, палеозоологии позвоночных; палеозоологию беспозвоночных основал еще Ламарк), не выделяя ее пока в самостоятельную науку.

Как известно, Кювье считал, что вымершие организмы

указывают на ряд катастроф в истории Земли, приведших к массовому исчезновению более древних фаун, а появление новых видов склонен был объяснять новыми актами творения. Это послужило основой для реакционной теории креационизма, объясняющей происхождение органического мира актами божественного творения. Но Кювье не всегда призывал на помощь катастрофы. Им указывалось, что самая важная и трудная задача геолога — определить условия и причины последовательных вторжений моря. Не всегда, когда встречаются пласты с новыми видами, нужно считать, что сталкиваемся с новым актом творения. Необходимо проследить, не появились ли эти виды раньше в других местах, а потом пришли на исследуемую территорию. Если такие места, откуда пришла новая фауна, затем опустились под уровень моря и стали недоступными для изучения, то задача расшифровки появления новых форм часто будет являться очень трудной.

Основываясь на успехах палеонтологии, Александр Броньяр выделял для каждого стратиграфического горизонта характерные органические остатки, которые как бы становились для них руководящими формами.

Одновременно с палеозоологией начала развиваться и палеоботаника, а ее данные также стали использоваться в стратиграфических целях.

Известный палеоботаник Каспар Мариа Штернберг (1761—1838), работавший в Чехии, с 1820 г. посвятил себя изучению ископаемых флор и дал им первую биостратиграфическую характеристику.

Они у него делились, в основном, на три группы: древняя островная флора (под ними понимались флоры палеозоя, применяя современный термин), затем шла флора периода саговых (мезозойские флоры) и флора периода двудольных (кайнозойские флоры).

Таким образом, в начале XIX в. палеонтологический метод начал входить в практику геологических работ. Он оказался весьма плодотворным. В очень короткий срок были выделены почти все системы, которыми мы пользуемся и сейчас. Н. М. Страхов говорит, что тридцатые годы прошлого столетия — поистине героическая эпоха в истории геологии вообще и в ее исторической части в особенности. В какие-нибудь 10—20 лет, в основном с 1832 по 1841 г., были выделены все известные нам системы.

В 1822 г. В. Коннбир и Д. Филлипс выделили каменноугольную систему в составе продуктивной угленосной толщи, жерновых песчаников и подстилающего их «горного известняка». Интереснее всего, что авторы каменноугольной системы считали, что она древнее тех отложений, которые потом получили наименование девонских.

В том же 1822 г. была выделена меловая система Омалиусом Аллуа в Парижском бассейне.

В 1829 г. Ж. Денуайе в Парижском бассейне выделил четвертичную систему, хотя еще в 1823 г. В. Бакленд предложил для данных отложений наименование «дилювий». Но этот термин широко не привился.

В том же 1829 г. Александр Броньяр выделил юрскую систему, тройное деление которой ввел Леопольд фон Бух в 1839 г.

В 1833 г. Ч. Ляйель выделил третичную систему почти в том объеме, в каком она принималась до последнего времени. Правда, внутри третичной системы подразделения менялись. Первоначально Ляйель делил ее на эоцен, миоцен и плиоцен.

В 1834 г. Ф. Альберти в Германии выделил триасовую систему.

Затем, в 1835 г. Р. Мурчисон в юго-западной Англии установил силурийскую систему, а годом позже, в 1836 г., А. Седжвик выделил кембрийскую систему.

В 1839 г. Мурчисон и Седжвик выделили девонскую систему, а Мурчисон определил ее истинное положение под каменноугольной.

Одной из последних систем была выделена пермская. В выделении пермской системы сыграли большую роль русские геологи, которые работали в Приуралье. Затем обоснование выделения самых верхних палеозойских отложений как крупной стратиграфической единицы было дано Д. И. Соколовым и Г. П. Гельмерсеном. Мурчисон, который в те годы путешествовал по России, проверил эти данные на месте и дал наименование пермской системе в 1841 г. Благодаря его авторитету она была широко введена в геологию и других стран.

Помимо выделения отдельных систем, началась и группировка систем, или формаций, как их тогда называли, в более крупные единицы. Так, в 1838 г. Седжвиком была выделена палеозойская группа, а Филлипсом в 1840 г. — мезозойская и кайнозойская группы.

Интересно, что архей был выделен В. Логаном значительно позже, в 1863 г., а наименование архейской группе дал Д. Дана только в 1872 г. Следовательно, именно те отложения, которые содержали палеонтологические остатки, были в первую очередь хорошо изучены и довольно четко расчленены. Таким образом, в первой половине XIX столетия стратиграфия сделала крупные успехи именно в качестве биостратиграфии.

Изучение конкретного геологического строения различных районов Западной Европы продолжалось быстрыми темпами, а вместе с тем увеличивалась и детальность стратиграфического расчленения разрезов. Уже в сороковых годах Альсидом д'Орбиньи (1802—1857) было введено ярусное деление отложений

на примере разрезов юрской и меловой систем. Основной характеристикой ярусов являлась палеонтологическая, а наименования для большинства давались по местности их типичного выражения.

Ученик и верный последователь Ж. Кювье, А. д'Орбиньи довел идею многократного творения видов до полного логического завершения, а этим и до полной абсурдности, подчеркнув и выпятив ее противонаучность. Он насчитал двадцать семь отдельных актов творения, благодаря которым через определенные промежутки времени вся Земля якобы заселялась новыми животными и растениями вслед за геологическими переворотами, уничтожавшими их предшественников. Причины геологических переворотов — катастроф и новых актов творения объявлялись д'Орбиньи непознаваемыми человеческим разумом. Но сама палеонтологическая характеристика отдельных ярусов получала четкое биостратиграфическое значение, так как по его трактовке любое ископаемое в каждом ярусе приобретало значение руководящего, а каждый комплекс ископаемых — руководящего комплекса.

Итак, идеи катастрофизма, подчеркивая отличия отдельных не только крупных, но и более дробных стратиграфических единиц, сыграли на первых порах положительную роль для детализации стратиграфического расчленения отложений. Но отрицание возможности каких-либо родственных отношений между последовательно вскрываемыми в разрезе органическими комплексами делало палеонтологию чисто описательной наукой и становилось тормозом для дальнейшего развития биостратиграфии.

Большое значение как для биостратиграфии, так и для геологии в целом имело появление «Основных начал геологии» Чарльза Ляйеля (1797—1875), окончательно ниспровергнувших взгляды катастрофистов. Ляйель ввел новый актуалистический метод, искавший в современных явлениях разгадку явлений прошлого. Он показал, что деятельность современных геологических агентов, какой бы незначительной она ни казалась с первого взгляда, приводит к колоссальным результатам в течение долгого времени, и настоящее незаметно сливается с прошлым, не будучи отделенным от него какими-либо катастрофами.

Высокую оценку представлениям Ляйеля дал Ф. Энгельс. Он писал: «Теория Кювье о претерпеваемых землей революциях была революционна на словах и реакционна на деле. На место одного акта божественного творения она ставила целый ряд повторных актов творения и делала из чуда существенный рычаг природы. Лишь Ляйель внес здравый смысл в геологию, заменив внезапные, вызванные капризом творца, революции постепенным действием медленного преобразования земли»¹.

¹ Ф. Энгельс. Диалектика природы. Госполитиздат, 1950, стр. 9.

Однако действующие на Земле силы считались Ляйелем постоянными как по качеству, так и по количеству, а сама Земля получалась изменяющейся бессвязным, случайным образом. Тем не менее представление о постепенном преобразовании Земли вступало в противоречие с представлением о неизменяемости органического мира, долго не замечавшееся самим Ляйелем, и непосредственно приводило к учению о постепенном преобразовании организмов и их приспособлении к изменяющейся среде.

Хотя униформизм Ляйеля, подчеркивавший как бы полную тождественность проявлений геологических агентов в течение всей истории Земли, страдал определенной односторонностью, его теория внесла в геологию прочно обоснованные эволюционные идеи, дала правильный масштаб времени, правильную историческую перспективу и во многом подготовила появление «Происхождения видов» Дарвина. Наконец, в 1856—1858 гг. Альберт Оппель (1831—1865) установил понятие фаунистической зоны и дал первое зональное деление юрских отложений Западной Европы, о чем будет сказано в дальнейшем.

Таким образом, к концу пятидесятых годов прошлого века, до появления «Происхождения видов» Дарвина, давшего начало новому этапу в биостратиграфии, были выделены все основные стратиграфические единицы, которые применяются и в настоящее время.

СТАНОВЛЕНИЕ И ТРУДНОСТИ РОСТА БИОСТРАТИГРАФИИ

Во времена В. Смита и Ж. Кювье сущность палеонтологического метода формулировалась просто: слои, содержащие одинаковые фаунистические остатки, занимают одинаковое положение в разрезах разных регионов. В то время казалось правильным и обратное положение: слои, занимающие одинаковое положение в разных разрезах, должны характеризоваться одинаковыми фаунистическими комплексами. Тогда еще не было представления о фациальных изменениях отложений, а в связи с этим и о фациально различных фаунистических и флористических комплексах, которые могут быть схожими в фациально однородных отложениях разного возраста и более или менее резко отличными в разновозрастных, но разнофациальных толщах.

Палеонтологический метод казался простым, безошибочным и практически удобным, так как расчленение и увязка разрезов производились в относительно крупных единицах и на сравнительно ограниченной территории Западной Европы. Но для В. Смита, Ж. Кювье и их последователей ископаемые организмы были только символами, только метками определенного геологического времени, помогающими восстанавливать историю наслоений. Они еще не стали звеньями непрерывной цепи жизни, которыми их сделала эволюционная теория Чарльза Дарвина.

Для Кювье, как для палеонтолога, ископаемые являлись единственными свидетелями существовавших ранее и бесследно исчезнувших фаун и флор, так как он признавал неизменяемость видов. Они не превратились для него в документы истории жизни.

Основы палеонтологического метода были заложены еще до Дарвина, но свое логическое обоснование палеонтологический метод получил благодаря его учению.

Чарльз Дарвин (1809—1882), излагая теорию эволюции органического мира в «Происхождении видов» (1859), осветил ряд проблем, имеющих огромное значение и для биостратиграфии. Но самым главным для нее было то, что ископаемые стали звеньями непрерывной цепи жизни, документами истории жизни, а это обосновало палеонтологию как биологическую науку. Благодаря Дарвину палеонтология превратилась в средство разъяснения истории Земли, сама представляя собой историю органического мира. «Происхождение видов» составило эпоху не только в биологии, но было важным этапом в развитии биостратиграфии. Только на основе эволюционного учения стало возможным введение филогенетического и биогенетического методов стратиграфического расчленения и стратиграфической корреляции разрезов.

Одной из проблем, имеющих важное значение и для биостратиграфии, являлась проблема продолжительности геологического времени, хотя она уже на протяжении почти ста лет двигалась и обосновывалась (Ломоносов, Геттон, Ляйель). Дарвин касается этой проблемы, отвечая на возражения против теории естественного отбора, которые выдвигались в то время. В их числе были следующие: во-первых, наблюдающаяся сейчас обособленность отдельных видов, отсутствие многих связующих звеньев между ними; во-вторых, отсутствие еще большего количества промежуточных форм между отдельными видами в ископаемом состоянии; в-третьих, недостаточность времени, в течение которого развивалась Земля, для чрезвычайно медленных, постепенных изменений представителей органического мира.

Рассматривая два первых возражения, Дарвин указывает, что главной причиной отсутствия большого количества промежуточных форм является сам процесс естественного отбора. Поскольку менее приспособленные формы (а промежуточные, очевидно, будут таковыми) вытесняются, уступают свое место другим в силу естественного отбора, то они не могут часто встречаться ни в настоящее время, ни в ископаемом состоянии. Отвергая третье возражение, Дарвин снова столкнулся с необходимостью обоснования продолжительности геологического времени, приводя доказательства, в некоторой части сходные с доказательствами своих предшественников, но подкрепляемые новыми примерами.

Дарвин отмечает, во-первых, чрезвычайно медленное разрушающее действие, оказываемое атмосферными агентами на поверхность Земли, и несоизмеримо огромные результаты этого воздействия. Известные гряды утесов, пересекавшие поперек Англию, в те времена считались остатками древнего морского берега. Оказалось, что это результат выветривания, так как здесь была распространена огромная толща с крутопадающими пластами из перемежающихся более мягких и более твердых пород. Мягкие на значительную глубину разрушались атмосферными агентами, а более твердые продолжали выступать в виде гряд холмов. Но этого мало. Имеются колоссальные сдвиги и сбросы, на поднятом крыле которых уничтожены, срезаны толщи пород мощностью в тысячи футов. Дарвин ссылается на Пенинский сдвиг, в котором вертикальные смещения достигали 3000 футов (около 1 км). Затем имеются обширные территории, сложенные в настоящее время с поверхности глубинными кристаллическими породами, которые могли образоваться только при застывании расплавленной магмы под мощным покровом осадочных образований. Значит, для того, чтобы эти породы на таких территориях оказались выходящими на поверхность, должны быть размыты и уничтожены огромные осадочные толщи, на что требовалось чрезвычайно долгое по протяженности время.

Во-вторых, очень медленно идет и процесс накопления пород. И снова результаты кажутся грандиозными. В Кордильерах встречаются толщи конгломератов до 10 000 футов (около 3 км) мощности. Суммарная мощность осадочных накоплений Англии составляет около 21 км. Накопление такой толщи могло произойти только в течение длительного времени.

На границах между крупными стратиграфическими единицами — системами (Дарвин употребляет термин «формации») наблюдаются резкие следы перерывов в осадконакоплении, которые соответствуют огромным интервалам времени, в течение которых могли, например, существовать континентальные условия, тогда как смежные системы представлены морскими отложениями. Следовательно, геологическое время огромно и достаточно для очень длительных преобразований органического мира.

Итак, времени для эволюционного развития органического мира было достаточно. Но почему же тогда в геологической летописи отсутствует непрерывная цепь организмов от вида к виду, состоящая из громадного числа промежуточных форм, если они существовали в прежние эпохи и должны были сохраняться в осадочных горных породах? И здесь Дарвин подходит к другой проблеме, важной для биостратиграфии, — к неполноте геологической летописи.

Для сохранения отмерших организмов в ископаемом состоя-

нии необходимо, чтобы они в скором времени после гибели были покрыты отлагающимися осадками. Однако осадки не так быстро оседают по всему дну и могут не захоронить все погибающие формы. Кроме того, покрывающие осадки должны иметь достаточную мощность для надежного предохранения отмерших организмов от полного разложения. А мощность осадков, отлагающихся в разных бассейнах, да и на разных участках одного и того же бассейна, очень неодинакова. Наконец, сохранность отмерших организмов будет зависеть и от характера самого осадка. Например, крупнообломочные осадки даже при значительной мощности не обеспечивают хороших условий захоронения. При выходе из-под уровня вод на дневную поверхность они особенно сильно подвержены проникновению в них циркулирующих растворов, воздуха и вместе с ним углекислоты, способствующих уничтожению органических соединений.

Значит, далеко не все отмирающие организмы могут дойти до нас в виде ископаемых остатков.

Дарвин напоминает и те факты, о которых говорилось выше при рассмотрении вопроса о продолжительности геологического времени. Огромная протяженность промежутков между отдельными формациями не охарактеризована никакими отложениями и, следовательно, палеонтологическими остатками, в то время как в течение этих промежутков должна была интенсивно развиваться органическая жизнь. Изменение минералогического состава при прослеживании отдельных слоев и формаций говорит за изменение внешних условий при их формировании, а следовательно, и условий существования и захоронения органических форм.

Уничтоженные размывом мощные осадочные толщи на современных территориях поверхностного распространения интрузивных пород также, видимо, содержали большое число документов истории древней жизни, которые для нас утеряны безвозвратно. Уже это говорит о значительной неполноте геологической летописи и о том, что большое число промежуточных форм и не могло сохраниться в ископаемом состоянии.

Однако пойдем от обратного и посмотрим, при каких условиях могло бы сохраниться большинство (если не все) отмерших организмов. Уже из изложенного раньше видно, что сохраниться до наших дней могут мощные толщи, так как у них гораздо больше шансов уцелеть от разрушения процессами выветривания и денудации.

Наиболее благоприятный случай образования мощной толщи, к тому же богатой органической жизнью,— это такие долговременные, очень медленные опускания морского дна, при которых сохранялись бы все время мелководные условия, способствующие процветанию органической жизни и видовому многообразию ее представителей. Но чтобы все отмирающие ор-

ганизмы могли переходить в ископаемое состояние, они должны все время покрываться осадками достаточной мощности, причем принос осадков должен все время точно уравнивать процесс опускания морского дна для поддержания одних и тех же батометрических и экологических условий. Но даже если представить себе и такой идеальный случай, то совершенно ясно, что с течением времени источники сноса материала, образующего осадки, должны истощаться. Понижение при прогибаниях морского дна также и окружающих территорий, с которых может происходить снос, должно изменять скорость сноса и отложения осадков, так что идеальный случай, описанный выше, практически исключается. Таким образом, все организмы, жившие в период отложения данной толщи, сохраниться не могут, и неполнота геологической летописи совершенно очевидна. О ней, вслед за Ляйелем, Дарвин очень образно говорит в заключении посвященного этой теме раздела.

«Что же касается меня, то, следуя метафоре Ляйеля, я смотрю на геологическую летопись, как на историю мира, не вполне сохранившуюся, написанную на изменявшемся наречии,— историю, из которой у нас имеется только один последний том, относящийся к двум или трем странам; от этого тома сохранилась лишь там и сям краткая глава, и от каждой страницы уцелело местами только по несколько строчек. Каждое слово медленно изменявшегося наречия, более или менее различного в последовательных главах, представляет собой формы жизни, которые погребены в наших последовательных формациях и которые мы ошибочно считаем появившимися внезапно»¹.

Следующей наиболее важной для биостратиграфии проблемой, затрагиваемой Дарвином, является установление необратимости явлений в развитии органической жизни. Дарвин отмечает, что виды разных родов и классов не изменяются в одинаковой степени, так как не все изменяются сразу. Но за долгий период в пределах данной области изменяются все виды, так как изменение одних поведет к конкуренции и изменению других.

Важно то, что раз исчезнув, вид точно таким не появится вновь, даже если повторятся все окружающие условия органической и неорганической жизни. Если трубастый голубь произошел от горного голубя, значит он унаследовал от него какие-то определенные признаки. Его потомок, пусть даже изменятся условия неорганической жизни опять на прежние, не станет снова горным голубем, потому что он одновременно унаследует от трубастого те качества, которые приобрел последний в свое время в отличие от горного голубя. Также нельзя себе представить, что если бы горный голубь исчез совершенно, то трубастый голубь

¹ Ч. Дарвин. Происхождение видов. Гос. изд-во сельхоз. литературы, 1952, стр. 333.

в точности таким же произошел от какого-то другого вида. Как бы схожи ни были эти предковые виды друг с другом, очевидно, что новый вид приобрел бы по наследству от своего предкового вида еще какие-то признаки, которых нет у трубастого голубя, происшедшего от горного голубя. Следовательно, если вид исчез, то он вновь не появится. Этому же правилу следуют и роды, и семейства. Исчезнувшая группа никогда не появляется вновь, следовательно, ее существование длится все время без перерывов.

Значит, по продолжительности существования характерных групп можно достоверно выделять определенные этапы в геологической истории Земли и определенные интервалы в напластованиях горных пород.

Возьмем наиболее грубые примеры. Класс трилобитов вымер в палеозое и не появится вновь. По его представителям можно судить о том, что перед нами палеозойские отложения. Аммониты вымерли в мезозое, они вновь не появятся, и по ним мы устанавливаем мезозой. Чем мельче группа характерных органических форм, тем более дробное подразделение геохронологической и соответственно стратиграфической шкалы может быть выделено по ней.

Следующей не менее важной проблемой, которая затронута Дарвином в разделе, посвященном почти одновременному изменению форм жизни на всем земном шаре, является проблема геологической синхронности отложений, относимых на основании палеонтологической характеристики к одним и тем же стратиграфическим подразделениям, если даже эти отложения развиты на разных, в том числе и удаленных, территориях.

Дарвин отмечает, что формы жизни на всем земном шаре изменяются почти одновременно на границе крупных этапов в развитии Земли. Например, меловая система по характерным комплексам фауны выделяется на разных континентах: и в Европе, и в Азии, и в Америке. На удаленных территориях может не оказаться тождественных видов, но встречающиеся тут и там будут относиться к тем же родам и под родам. Сходство может быть даже в некоторых внешних признаках, например, в общем облике, в характере скульптуры и т. д. Важно, что выше и ниже встречаются снова сходные формы. Значит наблюдается общий параллелизм в последовательности форм жизни.

Отмеченное явление может быть объяснено следующим образом. Новые виды возникают благодаря тому, что имеют некоторые преимущества над прежними. Обладая этими преимуществами, они в свою очередь дают начало наибольшему числу новых разновидностей и видов. Преобладающие, изменчивые и широко распространенные виды, уже завладевшие до известной степени территорией других видов, будут иметь шансы распространиться еще дальше. Распространение это идет медленно, но

со временем, особенно с возникновением благоприятных условий для данных групп, они становятся господствующими. Происшедшие таким путем виды будут сами преобладающими.

Виды, уступающие в конкурентной борьбе и наследующие несовершенство, по мере распространения новых и усовершенствованных групп повсеместно исчезают. (Иногда как бы внезапно появление или исчезновение целых групп может быть объяснено значительными изменениями, переселениями и вымиранием в промежутках между образованием отдельных формаций.)

Таким образом, наблюдается соответствие и последовательность и в появлении, и в исчезновении видов.

Наконец, очень важным для биостратиграфии явилось положение о геологической последовательности организмов.

Дарвин отмечает, что вымершие и здравствующие формы группируются в немногие обширные классы, причем вымершие могут быть размещены в современные группы или в промежутки между ними. Однако вымершая форма не занимает прямо среднего положения между двумя ныне существующими, а связана с ними многими промежуточными формами. То же можно сказать и о вымерших родах, стоящих таким же образом между нынешними родами и даже родами из разных семейств. Если, например, рыбы и пресмыкающиеся разнятся сейчас двумя десятками признаков, то древние их представители разнились меньше, и обе группы были ближе. В соответствии с расхождением признаков, возникающим благодаря тому, что потомству удается захватить новые места в экономике природы, можно установить, что чем новее форма, тем она более отлична от предковой.

Отсюда следует, что фауна какого-либо периода должна быть по общему характеру промежуточной между фаунами предшествующего и последующего периодов. И отсюда ископаемые двух смежных формаций (систем) должны быть ближе друг к другу, чем из отдаленных. Конечно, сюда должна быть внесена поправка на некоторые совершенно вымершие формы, а также на вновь прибывшие с других территорий, на изменения, протекавшие во время перерывов между формациями, не фиксируемые в геологической летописи, и т. д. Промежуточность подобных фаун не должна пониматься в строгом смысле этого слова, так как абсолютные промежутки времени между формациями могут быть не равны, а внутри самих формаций наблюдаются более или менее значительные перерывы. Однако это положение Дарвина позволило разбить историю Земли на определенные эпохи, а стратиграфический разрез — на определенные интервалы, установив вполне закономерный порядок смены одних эпох другими.

Таким образом, Дарвин, которого современники-палеонтологи считали в области изучения органического мира прошлого

дилетантом, сующимся не в свое дело, не только обосновал палеонтологию как науку о развитии органического мира, но и заложил научные основы биостратиграфии. Появилась возможность не просто распознавать по возрасту отдельные стратиграфические подразделения, но и определять их объем, ранг и закономерную последовательность. Правда, эта возможность была реализована далеко не сразу.

Период бурного накопления фактического материала, начавшийся еще во второй четверти XIX века, привел к двум важным понятиям, усложнившим применение палеонтологического метода в той прямолинейной форме, которая существовала с момента его появления. В 1838 г. Аманом Грессли было установлено понятие фации, которое, правда, еще в течение почти тридцати лет прокладывало себе путь в практику геологических работ. Открытие фаций современники Грессли приняли довольно недружелюбно. Оно слишком усложняло сложившиеся приемы работы геолога и применение палеонтологического метода, каким его ввели В. Смит и Ж. Кювье. Оказалось, что могут встречаться одновозрастные, но различные по своему составу и облику фауны вследствие фациальных различий, и сходные по облику, но разновозрастные фауны.

Вторым важным открытием, введенным в науку позже, явилось понятие о палеобиогеографических (палеозоогеографических и палеофитогеографических) провинциях. Эти провинции представляли ареалы или области, отличавшиеся в прошлом от других подобных областей (но относящиеся к той же геологической эпохе) составом фаунистических или соответственно флористических комплексов. Отличие это объяснялось тем, что некоторые органические формы имеют более или менее ограниченное пространственное распространение. В силу этого одинаковые по возрасту и фациям отложения, но находящиеся на далеком расстоянии, могут включать отличные по составу органические комплексы.

На первых порах, когда пошатнулось привычное понимание значения руководящих ископаемых, а определение геологического возраста потребовало большей точности и осторожности, показалось, что палеонтологический метод утратил придаваемое ему до этого значение, а объективное и однозначное определение возраста стратиграфических подразделений сомнительно.

Однако необходимо отметить, что введенные в науку понятия о фациях и о палеобиогеографических провинциях не только не ниспровергли палеонтологический метод, а, наоборот, при учете этих понятий им стало возможно пользоваться еще более плодотворно и решать более сложные вопросы.

Но помимо этих понятий и сам накапливающийся новый палеонтологический материал, который не всегда просто увязывался со старым и старыми представлениями, способствовал

появлению несколько пессимистической оценки возможностей палеонтологии в стратиграфии.

Подобное недоверие к возможностям палеонтологического метода отразилось в появившемся в скором времени представлении о гомотаксисе, введенном известным английским естествоиспытателем Томасом Гексли (1862), который был другом Дарвина, горячим почитателем и популяризатором его учения, противником клерикализма, материалистом в своей научной деятельности. Но в философских воззрениях он не мог избежать половинчатости, характерной для многих ученых того времени. Это сказалось при рассмотрении им отношения палеонтологического материала к геологическим явлениям. Гексли считал, что если геолог констатирует смену фаунистических комплексов в одном каком-либо районе и в другом, и приходит к выводу, что фауны обоих районов имеют одинаковый характер и сменились в одинаковой последовательности, то это еще не значит, что данные фауны и включающие их отложения одновозрастны. Одинаковая последовательность смен фауны не означает еще синхроничности обусловивших ее явлений для разных, особенно удаленных районов. Между последовательностью смен отдельных органических комплексов и синхроничностью, по Гексли, большая разница. То, что считается геологической одновозрастностью, не является на самом деле хронологической синхронизацией. Происходит только констатация фактов, что в таком-то сходном порядке менялись фауны в одном и другом районе. Это и было представлением Гексли о гомотаксисе или дословно об однопорядковости.

Гексли пишет: «...когда геологу приходится иметь дело с обширными пространствами или с полностью разобщенными отложениями, тогда вред от объединения под одним обычным термином «одновременность» «гомотаксиса», или «сходства в расположении», которое может быть установлено, и «синхроничности», или «тождества возраста», для которого нет и тени доказательства, оказывается неисчислимым и становится постоянным источником необоснованных спекуляций»¹. В обоснование своих взглядов Гексли, в основном, выдвигал тот аргумент, что до сих пор совершенно не учитывался фактор расселения организмов по поверхности Земли, а, мол, расселение требует значительного времени. Поэтому, если мы, например, устанавливаем по разрезу окончание меловой системы в Европе и в Америке, то это совершенно не значит, что связанные с этим окончанием события там и тут произошли одновременно даже в масштабах геологического времени.

Представление о гомотаксисе, как оно изложено у Гексли, не только снова вносило затруднения в применение палеонтологи-

¹ Т. Н. Huxley. Geological Contemporaneity and Persistent Types of Life. Quart. Journ. Geol. Soc., vol. XVIII, 1862, p. XVI.

ческого метода, но по сути дела отрицало объективное значение геологической синхронизации и геологической периодизации. Совершенно естественно, что никакой истории не может быть без объективной периодизации. Следовательно, взгляды Гексли доведены были до крайности, при которой отрицалась возможность изучения истории Земли и истории органической жизни на Земле. Нужно отметить, что Дарвин не разделял взглядов Гексли. Однако, как будет показано в дальнейшем, некоторая гомотаксальность фаун и флор наблюдается. Это представляет один из моментов, затрудняющих применение палеонтологического метода в стратиграфии, правда, в достаточной мере преодолимый при тщательных исследованиях.

Важным вкладом в биостратиграфию, способствовавшим ее дальнейшему успешному развитию, явились труды Владимира Онуфриевича Ковалевского (1842—1883), который имеет большие заслуги не только перед палеонтологией как основатель эволюционной палеонтологии, но и перед геологией. Правда как геолог он менее известен, поскольку слава Ковалевского-палеонтолога затмила все другие направления его деятельности.

Ковалевским была задумана работа по проблеме геологической синхронизации, исходившая из диаметрально противоположных взглядов, чем взгляды Гексли. К сожалению, эта работа не была закончена, а рукопись ее впоследствии оказалась утерянной. Об ее основах имеются сведения только в письмах Ковалевского к брату, с которым он делился своими замыслами, а также в стратиграфической части диссертации об анхитерии (В. О. Ковалевский, 1873). Он отмечает, что проблема одновременности геологических фаун еще почти не затронута, в то время как в известные периоды они, видимо, сменяли друг друга на всей Земле одновременно и в одинаковой последовательности. Конечно, эта одновременная смена понимается в масштабах геологического времени. Таким образом, установленные периоды повторялись сходно по всей Земле.

Как же подойти к проблеме геологической синхронизации? Ковалевский считал, что ее можно решить, углубленно изучая современные фауны и от них проводя сравнительное изучение вниз, на первых порах хотя бы до конца мелового периода. Для этого Ковалевский составлял таблицы появления организмов в разных частях света. Если роды всех семейств и классов появляются в одинаковой последовательности на всей Земле, то это, по Ковалевскому, значит, что соответствующие фауны синхроничны. Л. Ш. Давиташвили (1951) отмечает рассматриваемые представления Ковалевского как идею грандиозного масштаба по широте и глубине теоретического исследования основ научного метода геологической хронологии.

Какие цели преследовал Ковалевский этой работой? Во-пер-

вых, необходимость доказать возможность хронологического сопоставления осадочных толщ различных частей земного шара. Во-вторых, дать основы научной периодизации геологической истории и, в-третьих, выяснить степень достоверности и пределы точности стратиграфической параллелизации. Этим палеонтологический метод хронологии и синхронизации в геологии и в истории органического мира поднимался на новый, более высокий уровень.

Второй важной для биостратиграфии проблемой в трудах Ковалевского является установление филогенетического метода стратиграфического расчленения и стратиграфической корреляции разрезов. Необходимо отметить, что время с момента появления «Происхождения видов» Дарвина до середины 90-х годов явилось периодом победы и расцвета эволюционного учения в палеонтологии. Вскоре после опубликования теории Дарвина многие палеонтологи начали устанавливать ряды родственных форм представителей различных ископаемых групп. Выдающееся место среди них занял Ковалевский, решительно высказавшийся в пользу существования прямых палеонтологических доказательств идеи эволюционного развития органического мира.

Ковалевский указывал, что плодотворное влияние идей Дарвина на все естественные науки должно найти наибольший отклик в палеонтологии и геологии, так как в пластах Земли, заключающих угасшие звенья великой цепи жизни, нужно искать положительные доказательства эволюционной теории. Им был введен новый метод в палеонтологии и начата ее перестройка на его основе. Это метод филогенетического изучения, который он сам применил к различным группам копытных. Ископаемые стали рассматриваться не как окаменевшие скелеты, а биологически, как нечто принадлежащее движущемуся и питающемуся животному. Ход эволюционного развития копытных Ковалевский показал на точных анатомических данных. Но это было не просто тщательное морфологическое изучение скелетов, а выявление взаимоотношений между формой различных частей скелета и их функциями. По мере углубления изучения вырисовывались изменения органов у определенного ряда форм в связи с изменением функций в изменяющихся экологических условиях. В общем вырисовывались приспособления копытных к условиям их существования. Естественный отбор выступал основным фактором эволюции, а сама эволюция становилась процессом, обусловленным естественными причинами.

Новая эволюционная палеонтология дала и новый филогенетический метод стратиграфического расчленения и корреляции разрезов. Ковалевский в заключительной части диссертации об анхитерии привел пример расчленения разреза третичных отложений Европы, положив в его основу данные по эволюции млекопитающих. В основном деление касалось миоцена в ста-

ром ляйелевском понимании, так как выделенный Бейрихом в 1853 г. олигоцен Ковалевский не принимал. Но расчлняя миоцен, он дал принципиальное обоснование филогенетического метода в биостратиграфии, основанного на дарвинистском понимании эволюции органического мира, и, таким образом, внес новый вклад в решение общих проблем геохронологии.

Изучая смену отдельных фаунистических комплексов млекопитающих в разрезе третичных отложений и родственные отношения между их представителями, Ковалевский установил, что каждый из выделенных фаунистических комплексов может рассматриваться как комплекс предков по отношению к последующему комплексу, залегающему в более верхних горизонтах.

В частности, наиболее детально изученный им миоцен он делил на четыре этажа, или четыре подразделения, которые приобретали благодаря смене «последовательных фаун» в них вполне определенное стратиграфическое значение. Вопрос о последовательности этих подразделений решался вполне четко, так как потомки не могут существовать до предков.

Ковалевский подчеркнул также важное биостратиграфическое значение класса млекопитающих. Изучение их представляет возможность решать хронологические вопросы почти безусловно даже тогда, когда порядок напластования не дает точных результатов, потому что млекопитающие являются таким классом, в котором с достаточной достоверностью получаются строгие родовые линии.

Введение филогенетического метода стратиграфического расчленения и стратиграфической корреляции разрезов расширило область применения палеонтологического метода в стратиграфии и сделало этот метод более точным.

Интересной для развития взглядов по общим основам биостратиграфии явилась работа Ковалевского, посвященная исследованию московской юры. Австрийский геолог и палеонтолог М. Неймайр считался основателем изучения зоогеографических и климатических провинций в юре. Однако еще Ковалевский провел детальное изучение юрских фаунистических комплексов Русской платформы и нашел, что московская юра относится к своеобразной провинции, не имевшей связи с западноевропейской. Здесь для нас важно не столько отметить факт выделения Ковалевским в верхней юре московской, или русской, провинции, отличной от западно-европейской, сколько показать, как Ковалевский подошел к этому вопросу. В то время к подобным вопросам подходили очень упрощенно, с метафизических позиций, на основании процентного подсчета общих и сходных форм. Считалось, что о степени обособленности двух бассейнов можно судить по определенному проценту присутствующих общих или отсутствующих характерных форм в фаунистических комплексах этих бассейнов.

Подходя к истории фаун всесторонне, Ковалевский указывает, что один и тот же процент общих форм в одном случае может говорить о связи отдельных бассейнов и об отнесении их к одной провинции, в другом случае — об обратном. Чем древнее фауны, тем в них больше сохраняется общих черт. Поэтому вопросы отнесения отдельных территорий к тем или иным палеобиогеографическим провинциям должны решаться на детальном изучении фактического материала в каждом конкретном случае. Эти положения Ковалевского очень важно отметить, так как процентно-статистический метод в биостратиграфии, как будет показано в дальнейшем, применялся почти до конца 30-х годов нашего столетия, тогда как порочность его была ясна уже Ковалевскому.

В числе первых палеонтологов, начавших строить ряды форм, как филогенетические ряды, необходимо отметить также В. Ваагена и М. Неймайра.

Вильгельм Вааген (1841—1900), изучая развитие аммонитов, в 1869 г. установил понятие мутации как разновидности во времени, обладающей определенным постоянством и всегда, хотя бы и в мелких особенностях, различимой. Этим мутация отличается от разновидности в пространстве, в достаточной степени колеблющейся и имеющей сравнительно небольшое систематическое значение.

В термин «мутация», спустя тридцать два года, Г. де Фризом было вложено иное понятие, применяющееся в генетике, вследствие чего предлагалось мутации, установленные Ваагеном, именовать «ваагеновские мутации» (Л. Ш. Давиташвили, 1949).

Введение Ваагеном понятия мутации было важным, поскольку оно подчеркивало изменчивость организмов во времени и могло быть применено для обозначения последовательных этапов эволюции определенных групп, представители которых встречались в сменяющих друг друга слоях. Следовательно, мутациями назывались отдельные звенья филогенетических линий, относящиеся к разным геологическим горизонтам.

Таким образом, Вааген ввел в классификацию аммонитов генетический принцип, указав на происхождение некоторых родов от других и установив в пределах родов постепенно развивающиеся ряды форм, что сыграло определенную положительную роль в развитии эволюционных идей в палеонтологии. Последовательную же смену мутаций во времени в определенном направлении Вааген объяснял особым «внутренним законом», при действии которого внешние условия могут влиять на развитие организма, благоприятствуя ему или задерживая его. Идея «внутреннего закона» высказывалась Ваагеном осторожно, но была близка к автогенетической концепции.

Если для д'Орбиньи все ископаемые, принадлежащие одному стратиграфическому горизонту, отделенному от соседних «гео-

логическими переворотами», имели значение руководящих, то теперь это значение переходило к тем формам-мутациям, которые должны были отражать узловые моменты в эволюционном развитии определенных групп.

Мельхиор Неймайр (1845—1890) являлся одним из характерных представителей эволюционной палеонтологии рассматриваемого периода. Он признавал важным фактором эволюции непосредственное воздействие внешних условий (переоценивая, правда, возможность наследования приобретенных признаков), а ее главным фактором естественный отбор, закрепляющий и накапливающий полезные индивидуальные изменения и уничтожающий вредные. Сами же эти изменения, по Неймайру, зависят от внешних влияний и от конституции организма. Неймайр считал возможным в некотором ограниченном смысле говорить об определенном направлении изменения организмов.

Он указывал, что в каждом ряду мутаций из последовательных слоев одной толщи обыкновенно намечается определенное направление в развитии, так как они обнаруживают отклонение одних и тех же признаков в одном и том же направлении. Но в этом направлении, пишет Неймайр, нельзя видеть какое-то предопределение, поскольку этому противоречит уже то нередкое явление, что из одного вида могут развиваться две новые формы с совершенно различными направлениями мутаций. Он решительно отвергал виталистическое толкование процессов эволюции и вымирания видов.

Для освещения вопросов биостратиграфии особенно интересны работы Неймайра по мезозойским и третичным моллюскам, в особенности по конгериевым и палудиновым слоям Славонии. Им, в частности, были построены филогенетические ряды вивипарусов, позволяющие судить о зависимости эволюционного развития изучаемой группы от изменений внешней среды. В данном конкретном случае эти изменения были связаны с уменьшением солёности и постепенным опреснением бассейнов. Существовавшие с начала плиоцена слабо солоноватые большие озера постепенно опреснялись, и солоноватоводная фауна моллюсков стала в них исчезать, так как параллельно с опреснением шло ее преобразование. У совершенно различных родов начали развиваться заметные бугорки и ребра или утолщалась сама раковина. У брюхоногих происходило желваковидное утолщение устья. Особенно хорошо эти изменения могли быть прослежены на упомянутых рядах вивипарусов. Гладкие вивипарусы, развитые преимущественно в нижнепалудиновых слоях, сменяются в средне- и верхнепалудиновых слоях формами с килиями и бугорками.

Интересным было представление Неймайра о непрерывных и прерывистых рядах форм. Первые, как правило, устанавливаются в замкнутых внутренних бассейнах, в которых имеется возможность как бы обозреть эволюционное развитие населяющей

их фауны в целом. Охватывая почти весь ареал распространения определенных фаунистических комплексов, относительно небольшие пресноводные бассейны (в которых к тому же и экологические условия изменяются сравнительно быстро) являются как бы уменьшенной моделью, пригодной для изучения процессов, происходящих в обширном океане.

Прерывистые ряды получаются обыкновенно при изучении отложений морских бассейнов, так как доступные точки выходов представляют только ничтожную часть ареала распространения встречаемых в них органических групп. Эта идея Неймайра, имеющая большое значение до настоящего времени, наметила один из важнейших путей разработки общих закономерностей эволюционной палеонтологии.

Неймайром были также освещены вопросы географического распространения морских фаун мезозоя и миграции фаун.

О Лун Долло (1857—1931) уже было сказано в введении, как об авторе термина биостратиграфия и основателе палеоэкологического направления в палеонтологии. Большое значение для биостратиграфии в работах Долло имеет также обоснованный им и названный его именем закон необратимости эволюции. Суть закона Долло в том, что организм не может вернуться, хотя бы частично, к прежнему состоянию, пройденному рядом его предков. Дарвинистская теория, которой Долло неуклонно следует, исключает повторение эволюционного развития в обратном порядке, поскольку немыслимо точное повторение в данном порядке всех событий в органической и неорганической средах от самых крупных до мельчайших, обусловивших эволюцию определенных групп организмов. Как уже указывалось, необратимость явлений в истории Земли, и в первую очередь эволюции органического мира, является одной из основных закономерностей, на которую опирается биостратиграфия.

Важным этапом в развитии биостратиграфии явились работы Александра Петровича Карпинского (1847—1936). Им введен онтогенетический метод стратиграфического расчленения и корреляции разрезов. Этот метод по сути является биогенетическим, основывающимся на законе Мюллера — Геккеля, и наряду с филогенетическим представляет одну из составных частей общего эволюционного метода.

Во второй половине прошлого века границы между некоторыми системами и отделами казались искусственными. В конкретных разрезах намечались пограничные переходные слои с фаунистическими комплексами, носившими промежуточный характер. Выделение таких слоев для своего времени имело большое принципиальное значение. Помочь в выяснении истинного положения переходных слоев мог только эволюционный метод. Выявив взаимоотношения фаунистических комплексов переходных слоев с комплексами из ниже и выше лежащих

отложений, можно было более определенно наметить рубежи в геологической истории, с установлением которых переходные слои должны были утратить свое первоначальное значение. Карпинский решил применить эволюционный метод к разграничению геологических систем, основываясь на непрерывности геологической истории.

В 1874 г. Карпинский начал изучение отложений, приуроченных к границе пермской и каменноугольной систем в Приуралье. Эти отложения, которые он выделил впоследствии в артинский ярус и отнес к самым низам перми, по своей палеонтологической характеристике носили промежуточный характер. Трилобиты, селяхии и некоторая часть аммоноидей имели облик, характерный для представителей карбона; с другой стороны, большая часть аммоноидей и растительные комплексы имели пермский облик. Выясняя вопрос о положении артинского яруса, Карпинский занялся детальным изучением фауны аммоноидей. Параллельно с ним этой же фауной занимался казанский профессор П. И. Кротов.

Карпинский начал изучать филогенетические взаимоотношения представителей артинских аммоноидей на основе изучения их онтогенеза и ввел в русскую литературу то, что Гайаттом было названо биоπλαстологическим методом, основывавшимся на изучении особенностей развития жизни особи в связи с развитием жизни группы. Но за границей Гайатт, Смит, Вюртембергер подходили к объектам своего изучения только с чисто биологических позиций. Их метод был чисто морфолого-биологическим, применявшимся к отдельным группам аммоноидей или двустворчатых.

Карпинский в своей работе применил биостратиграфический подход, доказав возможность практического использования взаимоотношений филогенеза и онтогенеза для решения стратиграфических задач. Он исследовал не отдельные виды, а большой фаунистический комплекс аммоноидей, в связи с выяснением его изменений в разрезе целого яруса. С одной стороны, он изучал онтогенез отдельных форм, последовательно разворачивая их, как делали и другие, а с другой, тщательным образом отмечал все встречающиеся формы в разрезе. В результате этого ему удалось найти отдельных представителей в конкретных разрезах, соответствовавших определенным выявленным при изучении онтогенеза стадиям филогенетического развития исследуемых родов и видов. Конечно, онтогенез не представляет просто повторения филогенеза, но при определенной осторожности применение этого метода дает ценные положительные результаты.

Карпинский составил таблицу соотношений развития аммоноидей, показав, через какие стадии развития проходит каждая форма. Он проследил свои генеалогические ряды через девон и

карбон и довел их до перми. Эта таблица охватила одну естественную группу, все разнообразие которой возникает из одного низшего типа аммоноидей *Prolecanites* — *Meddlicottia*. Выводы Карпинского были диаметрально противоположными выводам Кротова. Тех представителей, которых Кротов относил не только к разным семействам, но даже к разным отрядам, Карпинский объединил в одно семейство, и, наоборот, для некоторых морфологически схожих форм, как, например, *Sageceras* и *Meddlicottia* (их иногда объединяли в один род), привел убедительные доказательства принадлежности к разным родам. Поэтому Карпинский пришел к выводу, что фауна аммоноидей артинского яруса в Приуралье является фауной автохтонной. Группа *Prolecanites* — *Meddlicottia*, обитавшая в верхнекаменноугольном море, явилась родоначальной для этой фауны, а море не покидало данную территорию на рубеже карбона и перми. Весь нижнепермский комплекс аммоноидей своими корнями уходит в эту группу.

Что же нового внес Карпинский своим методом? Самое главное, как уже упоминалось, заключалось в том, что основанный на биогенетическом законе Мюллера — Геккеля метод он применил к изучению не отдельных форм или групп форм, а к изучению целой фауны, характеризующей определенный ярус, параллельно с тщательным послойным изучением отложений данного яруса. Этим он поднял онтогенетический метод на новую более высокую ступень, а вместе с тем и биостратиграфию. Затем Карпинский, как и Ковалевский, построил генеалогические ряды для изучавшихся им групп, но подошел к построению их несколько иным путем. Ковалевский изучал филогенетическое развитие интересовавших его групп. Карпинский пришел к тем же построениям через изучение онтогенеза и расширил методологическую основу введенного Ковалевским метода. Наконец, метод Карпинского позволил до некоторой степени восполнить неполноту геологической летописи. Изучение индивидуального развития организмов может помочь выявлению таких стадий в истории развития группы, следы которых исчезли частично или полностью в геологической летописи. Вот как об этом говорит сам Карпинский:

«И кажется, что подобная обработка целой фауны, в особенности если она коснется не только цефалопод, но и других организмов, даст возможность делать выводы относительно таких явлений, на выяснение которых обыкновенные приемы палеонтологических исследований дают весьма мало надежды вследствие так называемой неполноты геологической летописи. То, чего не позволяет нам выяснить очевидная бедность остатков исчезнувших организмов, в значительной степени будет разъяснено изучением внутреннего их развития и обнаруживающимися при этом возможными соотношениями таких организмов

к формам, существовавшим в другие времена, или к формам синхроничным, но населявшим другие области или жившим при иных внешних условиях»¹.

Ценный вклад в биостратиграфию внесли также и другие отечественные геологи и палеонтологи: Н. А. Головкинский, В. И. Меллер, С. Н. Никитин, Ф. Н. Чернышев, А. П. Павлов, А. Д. Архангельский.

Необходимо отметить также немецкого исследователя Иоганнеса Вальтера (1860—1937), биолога по образованию, изучавшего фауну и флору морей в сочетании с изучением условий осадконакопления на морском дне. В 1893—1894 годах он опубликовал выдающуюся работу «Введение в геологию как историческую науку», имевшую большое значение для стратиграфии и биостратиграфии.

В ней Вальтером была переоткрыта закономерность пространственного распределения разнофациальных осадков, установленная еще Н. А. Головкинским. Но значение этой работы в том, что она положила начало основам учения о фациях, без которого невозможны были бы дальнейшие успехи стратиграфии. Развивая представления Грессли, Вальтер умело применил метод актуализма для восстановления условий накопления осадочных пород в геологическом прошлом и показал возможности, которые может обрести палеогеографический метод в стратиграфии.

Итак, к концу XIX столетия стратиграфия, а в том числе и биостратиграфия, достигли значительных успехов. Исследования распространялись на все большие и большие территории и требовали все более широкого прослеживания выделенных единиц по площади. Это затруднялось, помимо различных точек зрения на трактовку тех или иных подразделений, отсутствием общей терминологии и согласованной соподчиненности основных стратиграфических и геохронологических единиц. Решение этих вопросов назрело настолько, что стало одной из неотложных задач Международных геологических конгрессов.

В 1878 г. в Париже состоялся I Международный геологический конгресс. На нем была создана комиссия по подготовке унификации стратиграфической терминологии. От России в эту комиссию вошел известный русский геолог А. А. Иностранцев. Кроме того, по отдельным странам были созданы специальные подкомиссии. В русскую подкомиссию входили такие видные геологи, как А. П. Карпинский, И. В. Мушкетов, В. И. Меллер, В. В. Докучаев и др.

II Международный геологический конгресс, состоявшийся в Болонье в 1881 г., в основном принял предложения русской подкомиссии. В решениях было отмечено, что все элементы, слагающие земную кору, могут получить наименование минераль-

¹ А. П. Карпинский. Собр. соч., т. I. Изд-во АН СССР, 1945, стр. 6.

ных масс. По своей природе (т. е. по своему составу) они являются породами, по своему происхождению — формациями. Таким образом, в термин «формация» было вложено понятие, близкое к современному понятию генетического типа. Этим II Международный геологический конгресс вывел формацию из состава стратиграфических единиц. В результате обсуждения вопросов стратиграфической номенклатуры было принято следующее соподчинение геохронологических и стратиграфических единиц:

Геохронологические единицы:	Эра	Период	Эпоха	Век	?
Стратиграфические единицы:	Группа	Система	Отдел или серия	Ярус	Плита (assise)

По предложению французской подкомиссии наряду с «отделом» был принят термин «серия»; а для более дробных подразделений, чем ярус, принят термин, более или менее близко переводимый как «плита». Для геохронологической единицы, эквивалентной плите, не было утверждено специального термина.

Таким образом, II Международный геологический конгресс пришел к согласованному решению по наименованию основных стратиграфических единиц и их соподчинению, что имело большое практическое значение.

В 1897 г. на VII Международном геологическом конгрессе в Петербурге снова был поднят вопрос о необходимости дальнейшей разработки стратиграфической классификации. Конгресс избрал стратиграфическую комиссию, которой поручалось рассмотреть предложения по унификации стратиграфической терминологии, так как некоторые страны не стали придерживаться решений II Международного геологического конгресса. Комиссией были подготовлены соответствующие решения VIII Международного геологического конгресса, состоявшегося в Париже в 1900 г. Конгресс признал наличие нескольких типов стратиграфических единиц. Во-первых, единицы мирового значения, которые могут быть однозначно выделены на всем земном шаре. К ним были отнесены:

Эра	Период	Эпоха
Группа	Система	Отдел

Во-вторых, единицы регионального значения:

Век
Ярус

и, наконец, единицы локального значения:

Фаза
Зона

После этих решений рассмотрение вопросов стратиграфической классификации международными геологическими конгрессами

прервалось на небывало длинный срок, превышающий полстолетия. Однако и на упомянутых конгрессах обсуждались преимущественно терминология, соподчинение, право приоритета, географическое распространение отдельных стратиграфических единиц, но не были даже поставлены вопросы о критериях выделения, об определении объема и содержания каждой единицы.

Вместе с тем практические успехи стратиграфии и биостратиграфии в конце XIX и начале XX веков были огромны. Широкие геологические исследования перекинулись с европейского материка на другие континенты. Началось детальное изучение геологического строения Азии, Африки, Америки. Да и в самой Европе, особенно в ее восточной части, открывалось много нового, не всегда легко увязываемого с классическими разрезами Запада. В некоторых странах пришлось встретиться с очень широким развитием континентальных отложений в тех системах, которые в Европе были выражены только в морских фациях. Следовательно, сразу обнаружили новые фаунистические и флористические комплексы, отличные от известных комплексов в эталонных разрезах Западной Европы, хотя и синхроничные с ними. На других территориях встречались с морскими же отложениями в соответственных горизонтах и сходных фациях, но заключенные в них органические комплексы отличались по своему составу от европейских, принадлежа иным палеобиогеографическим провинциям. Наконец, выявилось широкое распространение мощных, но абсолютно немых толщ, к которым никак нельзя было подойти с меркой эталонных западноевропейских разрезов. Начало появляться много региональных стратиграфических схем с местными наименованиями выделяемых единиц, для рангов которых применялись либо нейтральные термины или термины свободного пользования, либо стандартные, установленные международными геологическими конгрессами. Но в последнем случае выделяемые в региональных схемах подразделения при сходных рангах далеко не всегда даже близко отвечали по содержанию и объему соответственным единицам западноевропейских эталонов и друг другу в схемах для разных регионов. Особенно широко был распространен термин ярус, который прилагался и к единицам широкого, и к единицам локального распространения.

Таким образом, значение классических разрезов Западной Европы, как стратиграфических эталонов, которое они приобрели еще в начале XIX века, с накоплением огромного нового материала казалось как бы поколебленным. Получалось, что не во всех случаях они могут быть успешно применимыми. Такое положение в скором времени породило пессимистические настроения. Возник вопрос: являются ли эталонными те разрезы, которые были выделены в XIX веке в качестве характерных для определенных стратиграфических единиц, и сами единицы

представляют ли объективную реальность или являются условными и надуманными? Такие пессимистические нотки появлялись даже у непосредственных участников международных геологических конгрессов, работавших в стратиграфических комиссиях (С. Н. Никитин и Ф. Н. Чернышев, 1889).

Чем могли объясняться подобные настроения?

Нужно подчеркнуть еще раз, что те стратиграфические шкалы, которые принимались на международных геологических конгрессах в конце прошлого века, по сути дела являлись только перечнями определенных терминов, расположенных в согласованной последовательности, но не было еще поставлено вопроса о критериях выделения и содержании стратиграфических единиц.

Выделение же первых основных стратиграфических единиц (систем — формаций) в свое время прошло стихийно и чисто эмпирическим путем. Однако все системы были выделены на конкретном материале, как вполне реальные геологические тела с определенным физическим содержанием, с определенными, свойственными им органическими комплексами, со следами определенных по масштабу и интенсивности проявлений эндогенных сил. В настоящее время все это вполне обоснованно дало возможность считать их вещественным выражением определенных более или менее равных по значимости этапов в истории Земли. Естественно, что системы впервые были выделены в местах наиболее резкого выражения их характерных черт и особенно четкого выражения нижней и верхней границ. Также вполне понятно, что любое проявление внутренних сил Земли (а, значит, и соответственное изменение физико-географической обстановки) не выражается абсолютно одинаково на всей земной поверхности. Поэтому не только можно, но и должно встретиться со случаями, когда отдельные системы в силу местных условий не будут иметь столь четкого выражения и разграничения друг с другом, как в районах их установления. Затруднения в разграничении их в таких случаях и в сопоставлении со стратотипами обычно непреодолимы при применении одного какого-либо метода и почти всегда с течением времени преодолеваются при применении комплексного подхода. Важно подчеркнуть, что выделяемые этапы в развитии Земли не теряют своей объективности при столкновении со случаями затруднительного выявления их в отдельных разрезах. Объективность этих этапов подтверждается еще и тем, что у всех стихийно выделенных в свое время систем при установлении их содержания и объема (см. следующую главу) выявляются общие по значимости следы изменений физико-географической обстановки и органического мира.

Уже отмечалось ранее, что сперва стратиграфическое расчленение отложений основывалось на чисто литологических осо-

бенностях, затем с внедрением в практику палеонтологического метода стратиграфия сразу сделала огромные успехи. Это произошло благодаря тому, что представители органического мира, как наиболее чуткого индикатора изменения окружающих условий, позволили более четко и определенно выявить важнейшие этапы в истории Земли. Однако постепенно при отсутствии представлений о критериях выделения и объеме стратиграфических единиц формальная палеонтологическая характеристика систем в стратиграфических шкалах стала почти единственной их характеристикой. Теоретический же уровень палеонтологического метода того времени (в основе которого лежало сыгравшее сперва прогрессивную роль представление о руководящих ископаемых, как универсальных показателях геологического возраста) настолько отстал от достижений как геологии, так и биологии, что при столкновении с новым обширным материалом принятые конгрессом шкалы начали казаться потерявшими «универсальность». В таких условиях при раскрывающейся картине все более сложного геологического строения удаленных территорий, с получением большого числа вариаций для разновозрастных отложений, выделенные стратиграфические единицы стали многими восприниматься как абстрактные, условные, внесенные человеком в природу, а не почерпнутые в летописи самой природы. Таким взглядом на Западе особенно способствовали укоренившиеся идеалистические представления в вопросах естествознания.

В силу наличия огромного разнообразия в наименованиях, принимаемом количестве, рангах и трактовках стратиграфических единиц, вопросы терминологии и соподчинения могли казаться первоочередными в конце XIX века, но отсутствие даже постановки вопроса о критериях выделения и содержании стратиграфических единиц было уже и тогда теоретическим упущением, оставившим стратиграфию безоружной перед новым широчайшим накоплением фактов.

СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ БИОСТРАТИГРАФИИ

Итак, как было сказано раньше, после VIII Международного геологического конгресса проблемы стратиграфической классификации не обсуждались в течение очень долгого времени. Назревшие вопросы о критериях выделения, об объеме и содержании стратиграфических единиц могли быть поставлены и решены только на строго научной базе, на основе диалектического материализма, что и составляет сущность современного этапа развития стратиграфии и биостратиграфии в нашей стране.

Каждый новый этап, безусловно, представляет этап и более высший. В предыдущих разделах можно было проследить как

биостратиграфия всякий раз поднималась на новую ступень с новыми крупными достижениями геологической и биологической наук.

Еще в самом конце прошлого — начале нынешнего столетия к положению о том, что организм и необходимые для его жизни условия представляют единство, эмпирически подошел и практически использовал выдающийся биостратиграф и палеонтолог Николай Иванович Андрусов (1861—1924), работы которого по истории бассейнов Понто-Каспийской области и стратиграфии неогеновых отложений можно поставить у истоков современного этапа развития биостратиграфии. Начало этого этапа нельзя связать с определенной датой или событием. В общем, он начинается со второго десятилетия нашего века.

Очень плодотворным оказалось у Андрусова введение послонных сборов палеонтологического материала, без чего невозможно было ни изучение эволюционного развития органических групп, населявших исследуемые бассейны, ни выяснение последовательных изменений палеогеографической обстановки. В строгом соответствии с учением Дарвина им было показано эволюционное развитие видов и целых групп неогеновых моллюсков, а также объяснены причины этого развития и вымирания видов.

Чрезвычайно важным оказалось выявление на большом материале связи между изменявшимися физико-географическими условиями бассейнов в течение неогена и изменением населявшей их фауны. Таким образом, как указывалось, Андрусов эмпирически подошел к правильному пониманию отношений организма с окружающей его средой. Расцвет одних групп, как, например, дрейссенсид, обуславливался возникновением очень благоприятной для них физико-географической и исторической обстановки. Вымирание видов следовало за существенными изменениями экологических условий. Смена видов при неизменных условиях происходила вследствие борьбы за существование.

Андрусов впервые показал резкие изменения в развитии определенных групп организмов под влиянием изменения внешней среды и использовал их для обоснования детальных стратиграфических шкал неогеновой системы нефтеносных областей Кавказа, Керченского полуострова и др. Им были установлены тарханский, чокракский, караганский, конкский горизонты, значительно уточнены объемы сарматского яруса и pontического горизонта, установлены акчагыльский и апшеронский горизонты (именовавшиеся тогда ярусами). Андрусов с большой убедительностью подтвердил значение изучения истории развития бассейнов, их фауны и фациальных изменений, применив палеоокеанографический и палеобиогеографический методы для решения стратиграфических проблем.

Близкими по характеру и методам были работы Михаила Эдуардовича Ноинского (1875—1932), положившего начало фациальному изучению палеозойских отложений Поволжья (1913) и применившего представление о циклах осадконакопления при стратиграфическом расчленении верхнепермских отложений.

С тридцатых годов в нашей стране начала развиваться бурными темпами тяжелая индустрия, а это потребовало огромной сырьевой базы, широкого изучения и использования месторождений чрезвычайно большого числа полезных ископаемых. Поиски и разведка минерального сырья для насущных нужд народного хозяйства дали огромный толчок развитию многих отраслей геологических знаний, а отсюда способствовали разработке и введению новых методов геологических исследований. В числе этих отраслей широкое развитие получили стратиграфические и биостратиграфические исследования. Огромных успехов добилась региональная стратиграфия. Ее достижения отразило издание в 1937 г. «Стратиграфического словаря СССР» под редакцией академика А. А. Борисяка. Но этого было мало. Сама жизнь заставила снова обратиться к вопросам стратиграфической классификации, отсутствие решений по которым продолжало оставаться тормозом для развития стратиграфии. Особенно настоятельной была необходимость в разработке местных стратиграфических шкал и в увязке их с международной шкалой, как тогда называлась шкала, разработанная первыми международными геологическими конгрессами.

Этим проблемам были посвящены работы нашего выдающегося палеоботаника и биостратиграфа А. Н. Криштофовича (1939, 1945), о которых будет сказано в следующей главе, а также статьи Д. Л. Степанова (1946), Л. С. Либровича (1948), Б. М. Келлера (1950).

Наконец, в 1952 г. при Всесоюзном научно-исследовательском геологическом институте в Ленинграде была создана стратиграфическая комиссия под председательством Л. С. Либровича, которая сосредоточила свое внимание на кардинальных вопросах стратиграфической классификации. К ним относились: критерии выделения стратиграфических единиц, объем и содержание основных стратиграфических единиц, соотношение единиц общей или международной шкалы с местными стратиграфическими единицами.

В результате работы комиссии в конце 1954 г. была выпущена брошюра «Стратиграфические и геохронологические подразделения», в которой излагались выводы комиссии по рассмотренным вопросам. Эти выводы явились основой для обсуждения данной проблемы на Всесоюзном совещании по общим вопросам стратиграфической классификации, состоявшемся в январе 1955 г. Главное в работе Совещания состояло в том, что оно

обсудило, подытожило и согласовало основные представления советских стратиграфов по вопросам стратиграфической классификации и организовало Межведомственный стратиграфический комитет СССР под председательством академика Д. В. Наливкина.

Комитету было поручено выпустить на основании обсуждения предложений Стратиграфической комиссии ВСЕГЕИ и решений Совещания документ, представляющий по сути платформу советских стратиграфов, с которой они могли бы выступить на последующих международных геологических конгрессах.

Этот документ был опубликован Межведомственным стратиграфическим комитетом СССР в 1956 г. в виде брошюры под названием «Стратиграфическая классификация и терминология», а в 1960 г. с учетом отзывов переиздан на русском и английском языках. XXI Международным геологическим конгрессом в Копенгагене, состоявшемся в 1960 г., этот документ принят как материал для дискуссии по стратиграфическим проблемам на последующих сессиях конгресса, так же, как и доклад председателя Стратиграфической комиссии США Г. Хедберга, который по настоянию советской делегации не был признан в качестве основы для дискуссии.

Содержанию упомянутого документа, отражающего взгляды большинства советских стратиграфов по вопросам стратиграфической классификации и терминологии, посвящается следующая глава, так как основные положения стратиграфии в равной мере касаются и биостратиграфии, как ее отрасли, и без них нельзя говорить о специфических вопросах последней.

Итак, на международных геологических конгрессах представлениям советских стратиграфов по основным вопросам классификации противостоят воззрения американских стратиграфов. Каковы же их воззрения? В 1933 г. была создана Стратиграфическая комиссия США, которая в первую очередь занялась вопросами стратиграфической классификации. Выработанные комиссией предложения по стратиграфическому подразделению отложений нельзя назвать удачными. Соподчинение основных стратиграфических единиц представляется в следующем виде:

система — серия — группа — формация — клин, пачка, или язык, — слой и пласт — зона.

Таким образом, термин «группа» вместо обозначения самой крупной стратиграфической единицы оказался у американцев примененным к единице, занимающей третье место после «системы» и «серии» и представляющей объединение нескольких формаций, которые близки к свитам в нашем понимании.

Очень важным упущением являлся отказ от такой единицы, как ярус, не только по наименованию, но и по содержанию (сейчас в самой американской литературе раздаются голоса за

восстановление этого понятия). Зоне дано слишком широкое толкование, сводящее ее на положение термина свободного пользования. Американские стратиграфы под зоной понимали слои, охарактеризованные какими-либо специфическими признаками (зона песков, зона известняков, зона окаменелостей; выделяемые на основании палеонтологических признаков зоны по сути оказывались биозонами, о чем будет сказано в дальнейшем). Поэтому как термин свободного пользования, зона стала применяться в каждом типе американских шкал. Зоны выделялись под номером или буквой, но не с собственным наименованием.

Что составляет основу стратиграфических представлений американских геологов, хорошо показал упоминавшийся доклад председателя стратиграфической комиссии США Г. Хедберга, с которым он выступил в 1952 г. на XIX Международном геологическом конгрессе. Хедберг начинает свой доклад с указания на то, что стратиграфические подразделения являются подразделениями искусственными и принимаются, в основном, по соображениям удобства. Он так и говорит: «...классификация пород в разные типы стратиграфических единиц, построение иерархических рядов таких единиц и их наименование по существу определяется удобством» и далее: «в некоторых отношениях они могут рассматриваться как бесплодные и бесполезные упражнения, связанные только с ограниченностью человеческого мышления»¹. Но, оказывается, они все же необходимы, так как без них нельзя обойтись в практике геологоразведочных работ. Основой их выделения считается то, что они практически удобны. Налицо явная субъективно-идеалистическая концепция. У американских стратиграфов получается, что стратиграфические единицы выделены так, а не иначе не потому, что они отражают реальные этапы в истории развития Земли, восстанавливаемые при изучении определенных конкретных разрезов, а потому, что принимаемое в настоящее время деление оказалось наиболее удобным.

При таких установках понятны и колебания в оценке значения и терминологии стратиграфических подразделений и пессимизм в вопросе о естественности принципов и критериев выделения основных стратиграфических единиц. Вывод отсюда мог получиться только один: расчленение стратиграфических разрезов является делом субъективным, а следовательно, может производиться на основе очень многих произвольно выбранных признаков. И, действительно, в США предлагалось много различных типов шкал стратиграфического расчленения.

¹ Цитировано из книги «Стратиграфическая классификация и терминология», Госгеолтехиздат, 1956, стр. 4—5.

Если взять породу изолированно от других пород, как такую, то у каждой можно найти много различных свойств. Беря произвольно любое из свойств в качестве критерия для расчленения стратиграфического разреза, можно получить множество схем, а содержание и сущность выделяемых при этом стратиграфических единиц будут меняться в зависимости от того, какое из свойств породы кладется в основу расчленения разреза. Предлагалось проводить деление на основании изменений литологического состава, палеонтологических данных, минералогической характеристики, электрического сопротивления, химического состава, цвета пород, циклов осадконакопления и т. д.

Однако в 1941 г. Г. Шенком и С. Мюллером были предложены три основные категории стратиграфических шкал: хроностратиграфические, петростратиграфические и биостратиграфические подразделения.

Нужно отметить, что некоторые советские стратиграфы считали целесообразным придерживаться такого деления, трактуя, конечно, содержание стратиграфических единиц с материалистических позиций.

Что же представляет собой первая категория — хроностратиграфические подразделения? Американцы прямо говорят, что единицы данной шкалы теоретически абстрактны и не связаны ни с какими конкретными телами. Следовательно, под хроностратиграфическими единицами предлагалось понимать отложения, которые образовались за какой-то определенный промежуток геологического времени вне зависимости от их конкретного состава. Отсюда характерная черта этих единиц — наличие у каждой своего эквивалента в геохронологической шкале. В качестве примера таких единиц приводилась общая, или международная, стратиграфическая шкала, выработанная еще первыми международными геологическими конгрессами.

Теоретические границы хроностратиграфических подразделений, по мнению их авторов, представляют изохронные (одновозрастные) поверхности, не зависящие от литологического состава и палеонтологической характеристики охватываемых ими интервалов разреза. Но в таком случае хроностратиграфические единицы, по существу, — отвлеченные понятия. На практике же они обычно совпадают с какой-либо единицей из литостратиграфической или биостратиграфической шкалы. Итак, в качестве принципиальной особенности хроностратиграфических единиц подчеркивается их соответствие определенному промежутку геологического времени, определенной геохронологической единице. Спрашивается, правильно ли подчеркивание, выпячивание этой особенности? Могут ли быть стратиграфические единицы, могут ли быть отложения, образование которых не соответствовало бы какому-либо самому большому или самому малому промежутку времени? Не создаст ли ложного впечат-

ления это подчеркивание, что единицы остальных шкал являются не временными? Мы знаем, что пространство и время представляют основные формы существования материи, они не существуют отдельно от материи и материальных процессов. Нельзя выделить ни одной стратиграфической единицы, которая могла бы образоваться вне времени. Следовательно, выделение хроностратиграфических подразделений, как таковых, в отдельную шкалу является излишним. Геохронологическая шкала, охватывающая время образования хроностратиграфических единиц, представляет у американских стратиграфов чисто отвлеченное, абстрактное понятие. Наша трактовка геохронологической шкалы и ее взаимоотношение со шкалой стратиграфической будут изложены в дальнейшем.

Следующая категория шкал — петростратиграфические, или литостратиграфические, подразделения. Основой для их выделения является литологический состав отложений с учетом закономерностей осадконакопления (например, цикличность и т. д.). Следовательно, по представлениям авторов этих понятий, подразделения литостратиграфические выделяются на основании конкретных свойств тех или иных геологических тел независимо от времени их образования, независимо от возможного различия точек зрения на их возраст.

Авторы этих подразделений указывают, что совпадение их границ с границами международной шкалы (т. е. с границами хроностратиграфических подразделений) не только не обязательно, но скорее встречается как исключение. В качестве основной литостратиграфической единицы советскими стратиграфами, принимающими эти подразделения, указывается свита, причем отмечается, что свита может объединять такие отложения, возрастной интервал которых способен изменяться по простиранию, хотя и не в значительных пределах. Эти представления согласуются с выдвинутым Г. Уилером и Э. Бислеем принципом трансгрессии по времени, трактуящем о том, что один и тот же комплекс в разных своих частях может быть не разновозрастным. Однако правильно выделенная свита представляет естественный генетический комплекс, отвечающий определенному этапу развития района ее распространения. Каждая литостратиграфическая единица, как уже отмечалось ранее, не может не соответствовать определенному временному интервалу, и поэтому она столь же литостратиграфическая, как и хроностратиграфическая единица. Следовательно, принципиальное разграничение этих единиц будет неверным. Что касается до разновозрастности различных частей свиты в районе ее распространения, то все зависит от того, как подходить к понятию разновозрастности. Даже в пласте часть, прилегающая к подошве, и часть, прилегающая к кровле, фактически разновозрастны. Но в содержание свиты вкладывается понятие достаточной геогра-

фической устойчивости основных признаков, в частности фациально-литологических признаков, и одновозрастности в масштабах геологического времени.

Еще в 1868 г. наш выдающийся стратиграф Н. А. Головкинский указал, что в регрессирующем море одновременными окажутся только те осадки, которые располагаются параллельно береговой линии. Следовательно, возраст пласта в перпендикулярном направлении к бывшей береговой линии меняется от места к месту и может в целом равняться всей продолжительности регрессии. Но в масштабах геологического времени эта регрессия в целом будет, как правило, относиться к одному возрастному интервалу. Действительно, некоторые крупные местные подразделения с неточно устанавливаемым объемом — комплексы или толщи — могут в разных своих частях обладать разновозрастностью, соответствующей уже масштабам геологического времени. Так, Уилер и Бислей приводят пример со сланцевой толщей Брайт Энджел на юго-западе США. В разных частях возраст ее колеблется от верхов нижнего кембрия до верхнего кембрия. Но это мощные толщи, пока не поддающиеся более дробному стратиграфическому расчленению с уточнением объема отдельных подразделений.

Наконец, третий тип подразделений представляют биостратиграфические единицы. Это такие единицы, которые выделяют только на основании палеонтологических данных. Те советские стратиграфы, которые придерживаются подобных представлений, основной единицей в этой шкале считают зону, понимая под ней в данном случае не отложения, образовавшиеся за время существования определенного характерного комплекса органических форм, а подразделения, выделяемые исключительно по палеонтологическим признакам, по наличию в них органических остатков. Для подобного типа зон даже был предложен специальный термин — биостратиграфическая зона. Эти зоны кончаются с исчезновением в отложениях органических форм, не обязательно заполняют целиком весь ярус и могут разделяться немymi в палеонтологическом отношении слоями, не относящимися ни к одной из зон.

Американские стратиграфы основной единицей считают биозону, т. е. отложения, образовавшиеся за время существования одного какого-либо вида. Хедберг считает, что комплекс организмов зависит от фаций, может повторяться по вертикали и пересекать возрастные границы.

Выделение биостратиграфических подразделений в самостоятельный тип шкал также является не обоснованным. Во-первых, эти подразделения тоже временные и соответствуют определенным этапам геологического времени, что столь же, если не более, очевидно, как и для подразделений литостратиграфических. Во-вторых, органический мир изменяется в зависимости

от изменений внешних условий, а резкие изменения последних должны фиксировать определенные рубежи как в процессах осадконакопления, так и развития органического мира. Следовательно, между литостратиграфическими и биостратиграфическими единицами имеется большая общность. И те, и другие единицы будут являться одновременно и хроностратиграфическими единицами, а «биостратиграфические зоны» представляют формальные подразделения. Таким образом, сам собой будет напрашиваться вывод, что выделение стратиграфических единиц должно основываться на комплексном методе, на учете всех данных, которые можно почерпнуть при изучении разреза, но отрывать отдельные стороны комплексного изучения друг от друга и строить на них самостоятельные, с первого взгляда как бы принципиально различные шкалы, неверно и практически не нужно.

Однако характерным для современного этапа развития биостратиграфии является не только разработка научно обоснованных представлений о критериях выделения, объеме и содержании стратиграфических единиц. Как отмечалось выше, уже Н. И. Андрусов и М. Э. Ноинский эмпирически строили стратиграфические схемы для Понто-Каспийской области (Н. И. Андрусов) и для Самарской Луки (М. Э. Ноинский), исходя из тесной взаимосвязи между развитием бассейнов и населяющим их органическим миром, т. е. из изменений органического мира, вызываемых изменением физико-географической обстановки.

Правильное понимание положения о взаимосвязи организма и необходимых для него условий существования позволило в настоящее время верно оценить соотношение между крупными стратиграфическими единицами (отражающими крупные физико-географические перемены на земном шаре и связанные с ними крупные этапы в развитии органического мира) и мелкими стратиграфическими единицами. Последние отражают местные, иногда очень небольшие изменения окружающей среды и органических комплексов, которые необходимо учитывать при установлении дробных стратиграфических подразделений.

Таким образом, были выявлены тесная зависимость между развитием отдельных групп организмов и цикличностью осадконакопления, а также прерывистый ход развития бассейнов в целом. Этим была обоснована теоретическая возможность почти беспредельной детализации местных стратиграфических шкал, что стало чрезвычайно важным в связи с разработкой дробных стратиграфических схем, призванных обеспечить не только поиски и разведку месторождений полезных ископаемых, но и разработку прогнозов их распространения. Это явилось новой ступенью биостратиграфии.

Одной из характерных черт современного этапа является все более расширяющаяся коллективность труда многих палеонто-

логов и биостратиграфов. Так, специалистами фораминиферового анализа были созданы полные систематические картотеки, которые не под силу было бы выполнить отдельным ученым, и которые, находясь при центральных геологических учреждениях, доступны для всех работающих в данной области. Коллективами научных работников только у нас выпущены такие фундаментальные труды, как «Микрофауна СССР», «Пыльцевой анализ», «Диатомовый анализ» и многотомное издание «Основы палеонтологии», являющееся коллективным трудом всех ведущих палеонтологов и биостратиграфов нашей страны.

В итоге обзора основных этапов развития биостратиграфии намечается общая периодизация ее истории.

Первый этап — как бы эмбриональный, — охватывающий длительный период времени и уходящий своими истоками в древнюю историю. В течение этого периода были высказаны первые идеи, имеющие значение для биостратиграфии, а к концу его возникли первые стратиграфические схемы.

Второй этап связан с появлением биостратиграфии на грани XVIII и XIX столетий и ее бурным развитием, совпавшим с оформлением палеонтологии как науки об ископаемых организмах.

Третий этап отражает становление биостратиграфии и совпадает с выделением палеонтологии в науку об истории развития органического мира на основе эволюционного учения Ч. Дарвина. Этот этап, охватывающий вторую половину XIX и начало XX столетий, характеризуется огромными успехами, которых добилась биостратиграфия с расширением методологической основы биостратиграфических исследований. Начало этому этапу положило «Происхождение видов» Ч. Дарвина, а основу вместе с ним составили труды В. О. Ковалевского, создавшего филогенетическую палеонтологию, и блестящие биостратиграфические и палеонтологические работы А. П. Карпинского, М. Неймайра и других палеонтологов-дарвинистов.

Между третьим и четвертым, современным, этапами развития биостратиграфии трудно провести резкую границу по какому-либо году или событию. Начало его нужно искать в работах Н. И. Андрусова и М. Э. Ноинского, когда эмпирически была правильно понята и практически в биостратиграфических целях использована взаимосвязь организма и окружающей среды. Глубокое теоретическое понимание этой взаимосвязи позволяет в настоящее время применить ее для очень дробной детализации стратиграфического расчленения разрезов. Для современного этапа характерно также теоретическое освещение основ стратиграфической классификации с позиций диалектического материализма.

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ И ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ

Как говорилось ранее, биостратиграфия представляет отрасль стратиграфии, и поэтому, разбирая ее специфические вопросы, нельзя не коснуться основных положений стратиграфии в целом.

В упоминавшемся уже документе, выпущенном Межведомственным стратиграфическим комитетом, «Стратиграфическая классификация и терминология» (1960) дается следующее определение стратиграфии, из которого становятся ясными ее цели и задачи.

«Стратиграфия — это раздел исторической геологии, охватывающий вопросы исторической последовательности, первичных взаимоотношений и географического распространения осадочных, магматических и метаморфических образований, слагающих земную кору и отражающих естественные этапы развития Земли и населяющего ее органического мира».

Следовательно, стратиграфия имеет дело не с надуманными, субъективными, или формально удобными, категориями, а с объективно, реально существующими телами, являющимися следствием исторического материального процесса развития нашей планеты. Перед стратиграфией стоят следующие основные цели. С одной стороны, выяснение хронологической последовательности отложений для определенных конкретных районов, что необходимо при решении задач структурной геологии, геологического картирования, поисков и разведки полезных ископаемых, а также для выяснения истории развития земной коры. С другой стороны, данные стратиграфии нужны для выработки единой геохронологической шкалы для всей Земли, являющейся необходимой базой всякого историко-геологического исследования. Следовательно, стратиграфия должна удовлетворять основные запросы как практики геологоразведочного дела, так и теории геологии.

Каковы же объекты изучения стратиграфии? В первую очередь она занимается изучением слонстых (осадочных и вулка-

ногенных) толщ. Слоистых — потому, что к ним можно применить основное правило стратиграфического расчленения, которое говорит о том, что кроющий пласт является более молодым, а подстилающий — более древним. Неслоистые (интрузивные и другие секущие горные породы) являются уже косвенными объектами стратиграфии. Их возраст обычно определяется по их отношению к слоистым толщам.

Выделение последовательного ряда стратиграфических единиц должно иметь своей целью объективное раскрытие действительного хода геологической истории. Значит, стратиграфические единицы при правильном их выделении будут соответствовать реальным историческим этапам геологического развития Земли в целом или отдельных ее регионов. Выделить же определенные этапы можно только по совокупности всех признаков, объективно отражающих эти этапы и доступных нашему исследованию. Сюда будут относиться и литологические, и палеонтологические, и всякие прочие признаки, т. е. выделение единиц должно базироваться на комплексе признаков, и комплексность должна являться одним из основных условий правильного выделения стратиграфических единиц.

Подходя таким образом к вопросу о критериях разграничения и об определении ранга стратиграфических подразделений, нужно отметить, что эти критерии должны основываться на данных эволюции земной коры и органического мира. Факторы эволюции земной коры связаны с основными этапами ее структурного развития, с периодичностью колебательных движений, трансгрессиями и регрессиями, с последовательными изменениями физико-географических условий. Факторы эволюции органического мира — с историческими сменами в его развитии и, в частности, с изменчивостью, эволюционным процессом, расселением, вымиранием групп организмов и т. д.

Для определения рубежей стратиграфических единиц главное значение должна иметь первая группа факторов, так как направление, темп и условия эволюции органического мира находятся в теснейшей зависимости от характера и направления развития абиотических факторов среды. Однако практически чаще всего используются не эти факторы, составляющие исходную основу геологической периодизации, а зависимые от них изменения в эволюции органического мира. Эти изменения нами фиксируются на основании палеонтологических данных, первостепенное значение которых объясняется тем, что они многочисленны, многообразны и вместе с тем наиболее доходчивы. Они отражают определенную стадию развития органического мира в определенное время, в определенном месте и вместе с тем подчеркивают необратимость эволюционного развития органического мира. Все это делает их доступной основой для относительной геохронологии и стратиграфической корреляции.

Значит, любое стратиграфическое подразделение от самого крупного до самого мелкого, чисто местного, должно отвечать определенному естественному этапу в развитии Земли (а также ее органического мира) в целом или в какой-то ее части. Стратиграфическими единицами являются реальные геологические тела, определенные комплексы пород, каждый из которых обладает определенным вещественным составом и определенными свойствами. Эти комплексы сформировались на определенных этапах развития Земли, и, следовательно, изучая их, мы можем восстанавливать эти этапы, получать основную их характеристику, определять относительную продолжительность и последовательность. Сами эти этапы могут различаться постольку, поскольку им соответствуют определенные комплексы горных пород, соответствующие определенным стратиграфическим единицам. Следовательно, стратиграфия и относительная геохронология связаны друг с другом столь неразрывно, что стратиграфическую классификацию нельзя отрывать от классификации геохронологической. Они — две стороны одного и того же процесса исторического развития Земли. Однако необходимо иметь две самостоятельные шкалы: стратиграфическую и геохронологическую.

Стратиграфическая шкала отражает последовательность отложений, расчлененных на определенные стратиграфические единицы, а также выражает объем и соподчиненность их.

Геохронологическая шкала отражает длительность и закономерную последовательность основных этапов исторического развития Земли. Она является шкалой относительного геологического времени.

Из сказанного выше следует, что каждому стратиграфическому подразделению соответствует геохронологическое и что любое стратиграфическое подразделение должно являться «хроностратиграфическим».

Итак, стратиграфическая и геохронологическая шкала в своей совокупности отражают общий ход и результаты единого закономерного процесса формирования литосферы во всей его сложности и противоречивости.

В стратиграфической шкале суммируются вещественные отражения геологических событий. В первую очередь она базируется на реально наблюдаемой последовательности горных пород в конкретных разрезах, на их свойствах, соотношениях с другими породами и пространственных изменениях. Значит, стратиграфическая шкала в первую очередь основывается на реально наблюдаемых фактах.

Если мы рассматриваем толщу, сложенную кварцевыми, хорошо окатанными крупнозернистыми косослоистыми песками, включающими толстостенные известковистые раковины ископаемых моллюсков, то это все реально наблюдаемые факты,

позволяющие составить определенное представление об изучаемой толще. Однако, рассматривая состав органических форм и сравнивая их с известными нам формами, мы можем прийти к выводу, что это морские формы, обитавшие в мелководье или даже в зоне активного прибоя, за что говорит также характер слоистости, окатанность зерен и другие признаки. Дальше по характеру органических форм, а иногда и по литологическому составу можно судить, что морской бассейн был довольно теплым. А распространение рассматриваемых отложений на все более древние подстилающие горизонты говорит о том, что море, отложившее данную толщу, трансгрессировало.

Значит, от вполне реально наблюдаемых фактов мы переходим ко все большим и большим обобщениям, получаем представление о таких явлениях и событиях, которые сейчас видеть не можем, но выводы и обобщения эти не произвольны, а строго увязаны с фактами. Мы не можем сейчас наблюдать древние бассейны, измерить их глубину и температуру воды, но при строгом анализе фактов можем из геологического разреза получить обо всем этом достаточно надежные представления.

Следовательно, всякая стратиграфическая шкала строится, с одной стороны, на реально наблюдаемых фактах, а с другой — на выводах и обобщениях, построенных на анализе фактов.

Геохронологическая шкала основывается на стратиграфической шкале, в которой суммируются вещественные отражения геологических событий, но создается она в результате дальнейшего анализа и синтеза данных стратиграфической шкалы. Она отражает геологическое содержание и особенности главных естественных этапов в развитии Земли. Переходя ко все более широким и глубоким обобщениям, мы можем восстанавливать историю не какого-либо отдельного момента в ограниченном районе, о котором повествует единичный разрез, а целого периода, прослеживая крупные тектонические движения, значительные перераспределения суши и моря, существенные изменения в органическом мире, которые непосредственно не могут наблюдаться, но достоверно восстанавливаются из наблюдаемых фактов. Важной задачей стратиграфии и геохронологии является не только установление соподчиненности определенных единиц, но и геологического содержания соответствующих им этапов развития по совокупности изменений в неорганическом и органическом мире, происшедших в течение этих этапов.

Что же дает возможность разбить историю Земли на определенные естественные этапы? Эта возможность представляется благодаря поступательному развитию Земли, которое содержит в основе необратимость явлений, имевших место в геологическом прошлом, при более или менее ясной их периодичности. Как уже упоминалось во введении, с явлением периодичности

мы встречаемся в таких случаях, когда можем констатировать длительные эпохи медленного эволюционного развития (например, эпохи длительных медленных опусканий земной коры на значительных площадях), которые сменяются относительно кратковременными этапами значительных качественных преобразований с крупной перестройкой внутренней структуры земной коры и физико-географической обстановки на ее поверхности (эпохи преобладания поднятий, включая орогенез, крупных трансгрессий моря и т. д.). Эта смена эволюционных и революционных этапов в развитии Земли в целом отражается на периодичности большинства других геологических процессов, включая и эволюцию органического мира. Крупным этапам в истории Земли соответствуют и основные этапы развития органического мира, хотя эта связь может не всегда быть вполне очевидной и проявляться в сложных формах.

Все сказанное приводит нас к выводу, что смена различных историко-геологических этапов может быть принята за естественные рубежи, которым будут соответствовать границы выделяемых крупных стратиграфических единиц. А сами эти единицы будут представлять следующие друг за другом в хронологическом порядке комплексы пород, отражающие объективный ход исторического процесса развития Земли. Основой для выделения геохронологических и стратиграфических единиц при современном уровне наших знаний являются критерии, отражающие характер и масштаб следующих, тесно связанных друг с другом явлений:

- 1) изменения в ходе эволюции органического мира;
- 2) изменения процессов осадконакопления и денудации;
- 3) палеогеографические изменения (изменения распределения и очертаний суши и моря, рельефа суши и дна моря, климата и т. д.);
- 4) проявления магматической деятельности и процессов метаморфизма;
- 5) крупные тектонические движения, проявляющиеся на обширных территориях.

Все эти явления взаимосвязаны, они не существуют в отрыве друг от друга и представляют разные стороны единого процесса развития Земли. Всем им свойственна определенная периодичность и вместе с тем необратимость. Необратимость выражается в том, что два сходных процесса, которые протекают в разное время, никогда не будут в точности одинаковы ни по ходу самого процесса, ни по его конечным результатам. Однажды пройденный этап развития никогда не повторится в точности снова.

В основе всех перечисленных выше процессов лежат тектонические движения, но для разработки стратиграфических шкал их данные менее пригодны. Явление необратимости в развитии

земной коры выражено гораздо хуже, чем в развитии органического мира. Поэтому практически наиболее важными являются изменения органического мира, так как на их примере особенно ярко выступает необратимость эволюционного развития Земли и жизни на Земле. Палеонтологические критерии являются важнейшими и наиболее объективными критериями при выделении стратиграфических единиц и особенно при корреляции разрезов.

Характер и масштаб изменений органического мира служит также главным основанием для определения таксономического ранга соответствующих стратиграфических единиц.

Каждый этап в развитии органического мира столь своеобразен и неповторим, что здесь о периодичности можно говорить очень относительно. Она будет выражаться в появлении, расцвете и вымирании определенных групп, на смену которым придут другие, повторив тот же цикл в своем развитии. Поэтому палеонтологические данные будут важнейшими и ведущими.

Необходимо отметить еще один чрезвычайно важный для биостратиграфии факт, который обуславливается очень большой способностью организмов к расселению и миграции. Благодаря скорости расселения организмов основные этапы развития органического мира проявляются сходно по всей Земле и сменяют друг друга практически одновременно (в масштабах геологического времени) и в той же последовательности. Это дает возможность надежно увязывать стратиграфические разрезы и шкалы удаленных друг от друга регионов в тех случаях, когда отложения содержат органические остатки.

ЕДИНАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ

Выше говорилось, что любое стратиграфическое подразделение, сколь бы мелким оно ни было, должно отвечать определенному этапу в развитии Земли или какой-либо ее части. Однако помимо общих закономерностей, на основании которых могут быть выделены относительно крупные стратиграфические единицы, в геологическом развитии отдельных районов часто отмечаются свои местные особенности, находящие отражение в выделяемых в пределах этих районов стратиграфических единицах. Разнообразие и возможные сочетания местных условий бесконечны, отсюда бесконечно разнообразие конкретных геологических разрезов, по которым восстанавливаются определенные этапы развития в данном районе со всеми их местными особенностями. Поэтому единицы различного ранга будут иметь различный радиус географического распространения, и

чем выше этот ранг, тем, как правило, шире данная единица распространена территориально. Особенно в тех случаях, когда отложения являются недостаточно палеонтологически охарактеризованными или совершенно немymi, очень важное, а иногда и решающее значение начинают приобретать физические и в первую очередь литологические признаки горных пород. На этих признаках, вследствие их относительно небольшой пространственной выдержанности, выделяется много мелких вспомогательных единиц с коротким радиусом распространения, но имеющих часто первостепенное практическое значение при геологическом картировании и поисково-разведочных работах.

Важно подчеркнуть, что выделение всех вспомогательных (местных) стратиграфических единиц должно строиться на тех же принципах, что и общей стратиграфической и геохронологической шкалы. В основу их выделения должна быть положена комплексность — совокупность признаков, сколь бы она не оказалась в отдельных случаях недостаточно полной из-за отсутствия или невозможности выявления ряда признаков. Например, в отложениях могут отсутствовать органические остатки, и тогда нужно базироваться, по возможности, на большем числе остальных признаков. Нельзя пренебрегать и такой палеонтологической охарактеризованностью отложений, которая отлична от таковой в стратотипических разрезах соответствующих подразделений. Как бы она ни казалась с первого взгляда слишком специфической и малоприменимой для корреляции, в конечном счете и она явится важным признаком для характеристики, определения ранга местной вспомогательной единицы и поможет увязке разрезов хотя бы в пределах узкого района.

Таким образом, не нужно иметь разные типы стратиграфических шкал, построенные на разных принципах.

Большинство советских стратиграфов считает, что должна быть единая стратиграфическая шкала, основанная на комплексном историко-геологическом принципе. Эта шкала объединяет планетарные и провинциальные стратиграфические подразделения, включая следующие единицы в соответствии с решениями упоминавшихся ранее международных геологических конгрессов:

Стратиграфические подразделения

Группа
Система
Отдел
Ярус
Зона

Геохронологические подразделения

Эра
Период
Эпоха
Век
Время (фаза)

Там, где все эти единицы не могут быть выделены с достаточной определенностью, выделяются свои местные стратиграфи-

ческие подразделения, используемые в первую очередь при геологическом картировании и других практических работах.

Для вспомогательных региональных подразделений в нисходящем порядке принимаются следующие подразделения:

Серия
Свита
Пачка

Кроме них выделяются еще горизонт и слои, из которых первый объединяет по горизонтали одновозрастные свиты, а вторые — части их.

Окончательное расчленение каждого разреза (в итоге подробного его изучения) дается в единицах единой стратиграфической шкалы. Если объективные данные не позволяют расчленить определенный разрез в этих единицах вплоть до самой дробной (зоны), а могут обосновать выделение только нескольких единиц наиболее высокого ранга, то далее для детального расчленения применяются вспомогательные стратиграфические единицы. Они обязательно должны быть увязаны с подразделениями единой шкалы. Например, мезозойские отложения Поволжья могут быть расчленены на единицы единой стратиграфической шкалы очень дробно, и в этом случае не требуется выделения вспомогательных единиц. Здесь выделяется не только группа (мезозойская), но и системы. Системы (например, юрская и меловая) делятся на отделы и на соответственные ярусы и зоны. Но кайнозойские отложения Поволжья нельзя разделить до конца только на единицы единой стратиграфической шкалы. Например, палеогеновая система может быть разделена еще на отделы, но дальше приходится выделять местные, вспомогательные единицы.

Следовательно, стратиграфическая схема отложений любого конкретного района будет очень часто схемой комбинированной, состоящей из подразделений единой стратиграфической шкалы и вспомогательных подразделений.

Таким образом происходит сопряжение единиц единой стратиграфической шкалы с единицами вспомогательными, которое подчиняется следующему правилу: наиболее дробной единице (из выделенных в данном районе) единой стратиграфической шкалы подчиняется наиболее крупная (также из выделенных здесь) местная вспомогательная единица.

Поясним это примерами.

Самой нижней системой в кайнозойской группе Днепровско-Донецкой впадины является палеогеновая, которая делится в свою очередь на три отдела: нижний (палеоцен), средний (эоцен) и верхний (олигоцен). Палеоцен здесь дальше не делится на единицы единой шкалы — ярусы, и тут приходится выделять вспомогательные местные стратиграфические единицы — свиты.

Получается следующее сопряжение:

Единицы единой шкалы	{	Группа	(кайнозойская)
	{	Система	(палеогеновая)
	{	Отдел	(нижний)
Вспомогательные единицы	{	Свита	(сумская)
	{	"	(лузановская)

Другой пример. На Северном Кавказе, в Крыму и частично на Русской платформе развита мощная толща темноцветных, зачастую битуминозных глинистых пород, охватывающая смежные части двух систем: палеогеновой и неогеновой. Следовательно, после группы выделяется мощная толща, представляющая крупную местную стратиграфическую единицу, — майкопская серия. Эта серия делится на ряд тоже местных вспомогательных стратиграфических единиц — свит: хадумскую, баталпашинскую, зеленчукскую и др. Здесь сопряжение вспомогательных единиц и единиц единой стратиграфической шкалы выглядит так:

Единицы единой шкалы	{	Группа	(кайнозойская)
	{	Серия	(майкопская)
Вспомогательные	{	Свита	(хадумская)
	{	"	(баталпашинская)
	{	"	(зеленчукская)
	{	"	(караджальгинская)
	{	"	(ольгинская)
	{	"	(ритцевская)

Чаще же серия бывает подчинена системе, а свита, если серии не выделяются, ярусу.

Объем и содержание единиц единой стратиграфической шкалы

Как уже отмечалось, до последнего времени не было попыток четко сформулировать объем и содержание стратиграфических, а равно и геохронологических единиц. Если посмотреть старые учебники исторической геологии, то там говорилось, что, например, группа — это отложения, которые образовались в продолжение эры, а эра — время, за которое отложилась группа. Приводилась конкретная характеристика той или иной группы или другой стратиграфической единицы, но не подчеркивалось, чем определяется их таксономический ранг.

Начнем рассмотрение стратиграфических единиц в нисходящем порядке, о котором упоминалось в предыдущих разделах.

Группа — это отложения, образовавшиеся в течение одной эры и составляющие наиболее крупную стратиграфическую единицу. Группа подразделяется на несколько систем, которые

объединяет тесная связь по характеру зафиксированных в них проявлений тектонических движений, магматической деятельности, осадкообразования и развития органического мира.

На границах групп обычно фиксируются следы весьма сильных и крупнейших в истории Земли тектонических движений (горообразование, трансгрессии и регрессии, интенсивная магматическая деятельность). Результатами этих проявлений должны были являться резкие изменения размеров, конфигурации и расположения суши и моря, изменения рельефа земной поверхности и др. Органические комплексы, характеризующие группы, отражают крупные изменения в составе органического мира и, как правило, разнятся классами и отрядами. Группы получают наименования, определяющие их относительную древность и соответствие важнейшим этапам в развитии жизни на Земле. Архейская и протерозойская группы различаются в первую очередь на основании их структурно-геологических особенностей (крупных регионально выраженных угловых несогласий, различного простирания систем складок и складчатых зон), относительного развития пород осадочного и магматического происхождения, проявлений регионального метаморфизма, явлений гранитизации. Палеозойская, мезозойская и кайнозойская группы отражают крупные этапы в развитии органического мира, что отличает их и по наименованию, и по существу.

Система представляет часть группы. Это отложения, образовавшиеся в течение одного периода. Подразделяется система на три или реже на два отдела. В идеальном случае отделы отражают три последовательных этапа в развитии главнейших трансгрессий и регрессий за соответствующий данной системе период. В нижнем отделе обычно преобладают отложения, характеризующие окончание континентального перерыва, отделяющего данный период от предыдущего, и начало новых трансгрессий. Средний отдел представляет отложения, соответствующие дальнейшему развитию трансгрессий и, наконец, в верхнем отделе констатируются следы окончания трансгрессий, развития регрессий и начала континентального перерыва, разделяющего смежные периоды. Явления регрессий связаны обычно с обширными региональными поднятиями, приуроченными к границам периодов. Там, где четко не отражается время максимального развития трансгрессий, система делится на два отдела. Конечно, в действительности строение той или иной системы может в разной степени отличаться от нарисованной идеальной картины, а отдельные этапы образования ее отложений могут усложняться или затушевываться.

На границах между смежными системами или вблизи них часто наблюдаются крупные угловые несогласия, стратиграфические перерывы, следы резких изменений физико-географической обстановки, смены фаций, интенсивной магматической

деятельности, имеющие широкое географическое, но не повсеместное распространение. Характерные для систем комплексы ископаемых органических форм различаются исключительно свойственными для них или имеющими преобладающее развитие типичными семействами или родами большого вертикального распространения в фауне и родами и видами во флоре. Основное значение при разграничении систем приобретает фиксируемое по ископаемым остаткам существенное обновление морской фауны с появлением и широким развитием новых групп крупного систематического ранга (семейства, роды и т. д.).

В наименования систем не заложено единого принципа, так как они были установлены, о чем говорилось ранее, разными исследователями и в разное время. Некоторые получили наименование по древнему или современному наименованию местности, где их впервые установили. Сюда относятся кембрийская, девонская, пермская, юрская системы. Другие — по названиям древних племен, населявших такие местности, например: ордовикская, силурийская. Часть систем получила наименования по характерному делению в области их установления (триасовая) или по преобладающему развитию наиболее типичных для них пород (каменноугольная, меловая). Системы в кайнозойской группе именуются по степени развития органического мира (палеогеновая, неогеновая) и, наконец, по появлению человека — антропогеновая. Последняя еще часто называется четвертичной по архайческому порядковому номеру при очень раннем расчленении всех осадочных отложений на первичные, вторичные, третичные и четвертичные. Последний термин прочно вошел в практику и пока еще является преобладающим.

Отдел представляет часть системы. Это отложения, образовавшиеся в течение одной эпохи. Уже говорилось, что нижние отделы в идеальном случае несут следы наступившей трансгрессии, знаменующей начало нового периода, средние отражают дальнейшее развитие трансгрессий, а верхние — следы сменяющих их регрессий. Там, где наиболее существенные изменения в физико-географической обстановке и отсюда в составе отложений и органическом мире приурочены к середине системы, выделяются два отдела (например, в пермской, меловой, неогеновой системах). В тех системах, где на известных в настоящее время территориях их распространения преобладали континентальные условия, наиболее сильны отклонения от нарисованной выше идеальной схемы.

На границах, отчасти и внутри отделов, наблюдаются угловые несогласия, более или менее резкие смены фаций и следы иных проявлений тектонических движений, а также продукты магматической деятельности, причем следы крупных проявлений этих факторов здесь пространственно больше ограничены, чем на границах систем.

Отделы характеризуются исключительно им свойственными или преобладающими по распространению типичными подсемействами, родами. Обновление морской фауны будет являться критерием для разграничения отделов. Наименования отделов обычно даются по их относительному положению в системе: нижний, средний и верхний в системах с трехчленным делением и нижний и верхний — с двухчленным. Только в некоторых системах укоренились наряду с этими наименованиями собственные. Так, в каменноугольной системе снизу вверх отделы именовались динантский, московский (правда, сейчас это наименование прилагается только к ярусу) и уральский (по географическим областям характерного развития); в юрской — лейас (от искаженного английского layers — слои), доггер и малм (по горняцким наименованиям определенных, характерных для соответствующих отделов горных пород).

В системах кайнозойской группы все отделы имеют собственные наименования, которые отражают различия в этапах развития органического мира на новой, наиболее близкой нам по времени ступени. Они состоят из греческого слова кэнос — новый — в сочетании со словами, указывающими определенные различия этого нового этапа. В палеогеновой системе: палеоцен (древне-новый), эоцен (заря нового), олигоцен (немного новый); в неогеновой системе: миоцен (менее новый) и плиоцен (более новый); в антропогеновой (четвертичной) системе: плейстоцен (еще более новый) и голоцен (весь новый).

Ярус представляет часть отдела. Это отложения, образовавшиеся в течение одного геологического века. Ярус соответствует определенному этапу развития всей Земли или значительной ее части. Объем и границы яруса определяются совокупностью геологических и палеонтологических признаков, отражающих данный этап развития Земли и населяющего ее органического мира. В первую очередь определяющим будет руководящий комплекс ископаемых с типичными для данного яруса и только ему свойственными родами, подродами и группами видов.

Как правило, ранг яруса получают единицы повсеместного или очень широкого географического распространения, охарактеризованные комплексами географически широко распространенных групп, таких, как граптолиты, фораминиферы, аммониты и другие (в соответствующих для них системах). К данному ярусу могут относиться отложения, палеонтологически не охарактеризованные, если они могут быть иными методами точно сопоставлены с отложениями яруса в его типичном развитии. К ярусу также могут быть отнесены отложения с несколько отличной палеонтологической характеристикой от таковой в стратотипическом разрезе из-за принадлежности определенной территории к особой палеобиогеографической провинции. Для это-

го нужно, чтобы они отвечали определенному этапу в развитии данной территории, по времени более или менее соответствующему возрастному интервалу рассматриваемого яруса.

Нужно помнить, что некоторые стратиграфические подразделения, получившие при их установлении наименование яруса, не являются таковыми по существу. Например, сызранский «ярус» в палеогене Поволжья, каневский «ярус» в палеогене Украины, акчагыльский «ярус» в неогене Прикаспия и т. д. Ранг этих и подобных им единиц в настоящее время должен быть пересмотрен в свете приведенного выше определения яруса.

На границах ярусов можно встретить угловые несогласия и перерывы в осадконакоплении меньшего масштаба и географического распространения, чем в более крупных стратиграфических единицах.

Наименование ярусы получают по современным или старинным географическим названиям мест, в которых находятся их характерные разрезы.

Зона представляет часть яруса. Это отложения, образовавшиеся за время существования характерного комплекса органических форм (обычно видов). Объем и границы зоны определяются пределами распространения комплекса организмов (обычно относящихся к широко распространенным и более или менее быстро изменяющимся группам), который не повторяется ни в подстилающих, ни в покрывающих отложениях и составляет зональный фаунистический или флористический комплекс. В каждый зональный комплекс по возможности должны входить все важнейшие в стратиграфическом отношении группы, представленные в данных отложениях.

К одной и той же зоне могут быть причислены также отложения с несколько варьирующим составом зонального комплекса (например, из-за фациальных отличий) или немые отложения, если их синхронность данной зоне может быть достаточно убедительно аргументирована.

Зоны получают наименование по одному (чаще всего) или нескольким (двум, трем) наиболее характерным (руководящим) представителям из зонального фаунистического комплекса. Например, зона *Inoceramus lamarcki* из туронского яруса меловой системы. Более подробно вопрос о зональном делении будет рассмотрен несколько позже.

Объем и содержание единиц геохронологической шкалы

Из сказанного ранее о соотношении стратиграфической и геохронологической шкал вытекает, что основная характеристика как стратиграфических подразделений, так и эквивалентных им геохронологических совпадает. Только если в первом случае

мы говорили, например, о следах определенных тектонических проявлений, зафиксированных в отложениях, об определенных изменениях в составе ископаемых органических комплексов, то во втором случае в характеристику отдельных этапов геологической истории будут входить сами тектонические проявления определенной интенсивности и широты географического распространения, сами процессы изменения органического мира.

Там, где можно грубо оценивать продолжительность того или иного этапа в абсолютных цифрах, добавится еще эта численная характеристика. Поэтому, не повторяя всего, остановимся на самой сжатой характеристике геохронологических единиц.

Эра представляет крупнейший этап в истории развития Земли. Отложения, образовавшиеся в продолжение эры, как говорилось, именуется группой. Наименование эр тождественно с наименованием групп. Продолжительность эр определяется сотнями миллионов лет. Если взять архейскую и протерозойскую эры, то их продолжительность даже выходит за пределы сотен миллионов лет, составляя уже тысячи миллионов лет или миллиарды. Только кайнозойская эра не насчитывает еще ста миллионов лет, так как она продолжается и сейчас.

В остальном характеристика эры сходна с характеристикой группы и включает весьма сильные и крупнейшие проявления внутренних и внешних сил в земной коре, следы которых фиксируются в отложениях группы, а также крупные изменения органического мира, жившего в течение эры.

Период представляет крупный и сложный этап в развитии Земли, в продолжение которого образовались отложения, представляющие систему. Наименования периодов тождественны с наименованиями систем. Продолжительность периодов составляет десятки миллионов лет за исключением самого последнего антропогенного, или четвертичного, периода, который насчитывает немногим более миллиона лет и еще не закончился. Основная характеристика совпадает с характеристикой системы. Только здесь фигурируют не следы проявлений трансгрессий и регрессий, а сами трансгрессии и регрессии, закономерно развивавшиеся в течение периода, и т. д. Обновление самого органического мира и в первую очередь морской фауны имеет наибольшее значение для характеристики периодов.

Эпоха представляет существенный этап в развитии Земли, составляющий часть периода и соответствующий времени образования отложений, слагающих отдел. Эпохи получают наименование: ранняя, средняя и поздняя, соответственно отвечая нижнему, среднему и верхнему отделам. Кроме того, эпохи могут иметь собственные наименования, тождественные наименованиям соответствующих отделов (палеоценовая эпоха, эоценовая эпоха и т. д.). Иногда, принимая во внимание распространение наименований стратиграфических единиц на соответст-

вующие геохронологические, можно сказать, например, нижнемеловая эпоха, но ни в коем случае не нижняя эпоха мелового периода. (Правильно: ранняя эпоха мелового периода.) Основная характеристика эпохи сходна с характеристикой отдела.

Век представляет этап в развитии Земли, представляющий часть эпохи и соответствующий времени образования яруса. Века характеризуются сходно с ярусами и имеют с ними тождественные наименования.

Время — особый этап, отмечаемый существованием определенного (зонального) фаунистического или флористического комплекса, за который образуются отложения, составляющие зону. Если зоны получают наименование по одному из наиболее характерных руководящих видов из зонального комплекса (реже по 2—3), которое приставляется к термину «зона», то наименование времени состоит из термина «время» и наименования того же вида, который характеризует соответствующую зону, только взятого в кавычки. Например, в туронском ярусе верхнего отдела меловой системы имеется зона *Inoceramus lamarcki*. Соответствующая ей геохронологическая единица будет время «*Inoceramus lamarcki*».

Геохронологическим эквивалентом зоны на VIII Международном геологическом конгрессе была принята «фаза». Но этот термин не привился, и помимо термина «время» употреблялся еще «момент» или «зональный момент», предложенный швейцарской комиссией.

Объем и содержание вспомогательных (региональных) стратиграфических единиц

Как уже говорилось выше, вспомогательные (местные) стратиграфические единицы выделяются в тех случаях, когда разрез по тем или иным причинам не может быть полностью разбит на единицы единой стратиграфической шкалы. Следовательно, они будут применяться тогда, когда объем и границы естественных комплексов в данном районе в значительной мере не совпадают с таковыми у единиц единой стратиграфической шкалы или когда их фаунистическая и флористическая характеристика либо отсутствует полностью, либо является столь специфической, что невозможно достоверно отнести эти комплексы к определенной единице единой стратиграфической шкалы.

Вспомогательные (местные) стратиграфические единицы представляют естественные комплексы отложений (естественные геологические тела), занимающие определенное положение в разрезе своего района и по совокупности признаков определенно и постоянно отличающиеся от других развитых здесь комплексов. Они имеют огромное практическое значение, так

как чаще всего это будут единицы сравнительно мелкого масштаба, с которых начинается геологическое картирование и вообще изучение геологического строения того или иного района. Как правило, эти единицы соответствуют более или менее крупным местным циклам седиментации, а границы этих циклов принимаются за их границы.

Серия представляет наиболее крупную из вспомогательных стратиграфических единиц. К ней относится обычно мощная и сложная по своему составу толща осадочных, вулканогенных или метаморфических пород либо разное сочетание этих пород. Часто подобные толщи отвечают единому крупному седиментационному, вулканическому или тектоническому циклу.

Разделяются серии значительными стратиграфическими и угловыми несогласиями, а в геосинклинальных областях часто проявлениями магматической деятельности в интрузивной форме.

Распространены серии обычно в крупных районах с более или менее сходным геологическим строением. Отдельные части серии могут быть географически разобщены, т. е. развиты в разных частях определенного региона, и на основании сопоставлений сводиться в единый сводный разрез. Этими подразделениями серии будут являться свиты, на которые делится серия.

Иногда несколько следующих друг за другом в возрастном отношении серий объединяются в комплекс. Наименования серии получают географические, по району наиболее характерного распространения. Такое же собственное географическое наименование получает и комплекс при объединении в него нескольких серий.

По объему серия более или менее близко соответствует отделу единой стратиграфической шкалы, но может быть и больше, и меньше отдела. При сопряжении чаще всего подчиняется системе или отделу.

Свита является основной единицей из вспомогательных стратиграфических единиц. Она может слагаться осадочными, вулканогенными или метаморфическими породами. Таким образом, она представляет собой совокупность отложений, образовавшихся в определенных физико-географических условиях в пределах какого-либо региона, и занимает в нем определенное стратиграфическое положение.

Отличительной чертой свиты является ее внутреннее единство по условиям образования, составу слагающих пород, фаунистической и флористической характеристике, стратиграфическим взаимоотношениям, метаморфизму и т. д. Свита может слагаться однородными породами или переслаиванием определенных пород или характеризоваться пестрым составом, что во всех случаях не нарушает внутреннего единства. Внутри свит не может быть существенных стратиграфических перерывов и

угловых несогласий, хотя следы некоторых перерывов могут наблюдаться. Разделяются же свиты достаточно четкими границами, представляющими естественные рубежи, которые намечаются из-за существенных фациально-литологических изменений или заметных изменений органических комплексов, а также по стратиграфическим перерывам и угловым несогласиям. При этом залегают свиты друг на друге как согласно, так и несогласно.

Распространены свиты в пределах определенных структурно-фациальных зон или районов с более или менее сходными условиями осадкообразования. Поэтому каждая свита четко отделяется от других своими фациально-литологическими особенностями и палеонтологическими признаками.

Наименования свитам присваиваются географические, которые должны быть отличными от наименований других вспомогательных единиц, независимо от их возраста и географического распространения.

По объему свита чаще всего соответствует значительной части яруса или же приблизительно целому ярусу. Свита отличается достаточной географической устойчивостью своих основных и в первую очередь фациально-литологических признаков. В пределах ее распространения (структурно-фациальной зоны) к одной и той же свите могут быть отнесены и синхроничные ей отложения, хотя несколько отличающиеся от развитых в стратотипическом разрезе.

Возрастной объем свиты устанавливается обычно по палеонтологическим данным. Если же они отсутствуют, то возраст может устанавливаться, исходя из возраста подстилающих и покрывающих отложений либо путем сопоставления данного разреза с другими разрезами, где возрастной интервал, соответствующий рассматриваемой свите, является более или менее определенным.

Крупные части свиты, характеризующиеся постоянными, хотя и второстепенными отличительными признаками на фоне общей однородности свиты в целом, могут быть выделены в качестве **подсвит**. В сумме подсвиты должны составлять свиту.

Подсвиты по своему положению в разрезе получают наименование: нижняя, средняя и верхняя либо нижняя и верхняя в сочетании с названием свиты. В исключительных случаях при наличии большого числа подсвит им могут быть присвоены собственные географические наименования.

Пачка представляет небольшую по мощности часть свиты, отличающуюся некоторыми фациально-литологическими и палеонтологическими особенностями. Это мелкие подразделения ограниченного пространственного распространения.

Обычно пачки обозначаются или порядковыми номерами, или последовательно сменяющими друг друга малыми буквами

латинского алфавита, за которыми в скобках ставится литологическое наименование породы. Самая нижняя пачка получает номер первый или букву *a*, более верхние пачки — последующие номера или буквы. Пример: пачка 10 (синяя глина); пачка *b* (серый известняк).

Горизонт представляет вспомогательную региональную стратиграфическую единицу, которая по горизонтали (т. е. на площади) объединяет несколько одновозрастных свит или разнофациальные, но несомненно, синхроничные отложения в разных районах, примерно соответствующие по объему свите или зоне единой шкалы.

Горизонт характеризуется определенными литологическими и палеонтологическими особенностями и отвечает определенному этапу в геологическом развитии данного района.

Горизонт имеет географическое наименование, которое совпадает с наименованием наиболее хорошо представленной и изученной свиты из числа объединяемых этим горизонтом в пределах данного района.

Слои (с собственным географическим наименованием) представляют вспомогательную региональную стратиграфическую единицу, составляющую часть горизонта. Слои выделяются, таким образом, на тех же основаниях, что и горизонт.

Промежуточные подразделения

Иногда две, три или несколько стратиграфических единиц могут обладать некоторыми общими более или менее характерными чертами (что выделяет их в разрезе), но все же в сумме не соответствовать стратиграфической единице более высокого ранга.

В таком случае их приходится относить к промежуточному подразделению, сохраняющему наименование ранга данных единиц, к которому добавляется приставка «над».

Например, валанжинский, готеривский и барремский ярусы в нижнемеловом отделе часто объединяются в неокомский надъярус, а в верхнемеловом отделе сантонский, кампанский и маастрихтский ярусы составляют сенонский надъярус. Наоборот, если в составе отдельной стратиграфической единицы могут быть выделены подразделения, большие по объему, чем следующая по рангу более дробная единица, то здесь промежуточные подразделения сохраняют ранг высшей единицы, но с приставкой «под». Например, нижний подотдел, нижнетурнейский подъярус, верхнетурнейский подъярус и т. д. Поэтому вновь выделяемым подразделениям (это чаще всего относится к свитам) нельзя давать наименования, уже содержащие в себе приставки «над» или «под», а также ниже-, средне-, выше-

(например, «надалтайская», «подкемеровская», «нижнедонская» свиты и т. д.). Исключение составляют ранее введенные термины: например, нижний волжский ярус, верхний волжский ярус.

Стратиграфические обозначения 'свободного пользования

Помимо стратиграфических единиц единой шкалы и вспомогательных единиц, имеющих определенное значение и соответствующих более или менее однозначно понимаемому всеми объему, часто необходимо иметь в запасе термины для единиц свободного пользования. К ним приходится прибегать при схематических описаниях, при предварительном расчленении разрезов, когда еще ранг тех или иных отложений может быть недостаточно точно выясненным.

Следовательно, термины свободного пользования в разных случаях могут быть применены к отложениям различного стратиграфического значения, возрастного объема, отличительных признаков, т. е. для разнообразных совокупностей осадочных, вулканогенных и метаморфических пород.

Однако, хотя строгих правил на этот счет и не может существовать, желательно и термины свободного пользования применять в более или менее ограниченном смысле, который будет указан при перечислении наиболее употребительных терминов свободного пользования.

Комплекс чаще всего понимается как очень мощная и сложно построенная толща осадочных, вулканогенных или метаморфических пород регионального распространения, охватывающая несколько серий. Отражая очень крупные этапы в геологическом развитии определенного региона, комплекс обладает некоторыми общими особенностями, проявляющимися в разных его частях.

Реже комплексами называют менее крупные по объему отложения, более дробные, чем серия. Термин «комплекс» также применяется к интрузивным образованиям, объединяемым по геологическому возрасту, составу или генетическим взаимоотношениям.

Толща — совокупность осадочных, вулканогенных или метаморфических образований (либо разные их сочетания), характеризующаяся некоторой общностью литологического состава и характера чередования пород. Может иметь различный возрастной объем, применяется обычно к более или менее мощным образованиям.

Горизонт (без собственного географического наименования) представляет маломощные отложения, развитые на некотором стратиграфическом уровне внутри свиты или яруса и обладающие какими-либо характерными маркирующими признаками,

выделяющими их среди подстилающих и покрывающих отложений.

Слои (без собственного географического наименования) объединяют отложения, имеющие некоторые общие литологические или палеонтологические признаки.

Пачка (без числового или буквенного обозначения) — небольшая по мощности совокупность пластов, обладающая некоторой общностью признаков.

Пласт (в стратиграфии) — литологически однородные, маломощные отложения, отличающиеся какими-либо признаками и занимающие определенное стратиграфическое положение в отдельном разрезе.

Иногда временные стратиграфические подразделения при предварительном изучении и расчленении разреза, особенности которых еще не проверены, и им не может быть поспешно присвоен какой-либо ранг даже вспомогательной единицы, могут получать наименование по наиболее характерной для них породе в сочетании с определенным географическим наименованием (например, киевский мергель).

Выделение новых стратиграфических подразделений и понятие о стратотипическом разрезе

Утвержденных и общепризнанных правил выделения новых стратиграфических единиц пока еще нет, но основные положения уже предлагались (Д. Л. Степанов, 1958) и могут быть рекомендованы. Установление новых стратиграфических единиц высокого таксономического ранга — явление сравнительно редкое. Оно требует обобщения большого материала, являющегося результатом работы крупных коллективов геологов. В повседневной геологической практике чаще всего будет встречаться необходимость в установлении дробных, преимущественно вспомогательных, стратиграфических единиц, исходя из чего ниже излагаются некоторые правила.

1. Новые стратиграфические единицы нужно выделять только в случае крайней необходимости, когда без них действительно не может быть правильно расчленен разрез.

Часто многих соблазняет возможность выделить новые единицы и ввести новые наименования без особой на то надобности, что загружает геологическую литературу обилием синонимов, в которых иногда бывает трудно разобраться. Значит, с введением новой единицы и нового наименования не следует спешить, пока не будут взвешены все необходимые для этого данные.

2. Новая стратиграфическая единица должна быть точно охарактеризована по литологическому составу слагающих ее отложений с указанием основных его изменений.

3. Помимо литологического состава приводится мощность, а в случае значительных изменений ее — средняя мощность и основная амплитуда колебаний.

4. Указывается характер нижней и верхней границы выделяемой вновь единицы, а также характер соотношения ее с подстилающими и покрывающими отложениями.

5. Приводится по возможности наиболее полная палеонтологическая характеристика, по которой, если позволяет материал, точно или с некоторым приближением устанавливается ее положение в единой стратиграфической шкале.

6. Приводится сжатое, но убедительное обоснование самостоятельности данной стратиграфической единицы путем сравнения с близкими по составу и геологическому возрасту единицами сопредельных районов.

7. После того как выделение новой стратиграфической единицы вполне обосновано, ей дается собственное наименование, которое должно быть отличным от наименований других стратиграфических единиц.

Если выделяется зона, то она, как говорилось раньше, именуется по одному (чаще всего) из наиболее характерных представителей в зональном комплексе. Для дробной единицы единой шкалы, такой, как ярус, и для вспомогательных стратиграфических единиц даются географические наименования.

Желательно соблюдать некоторую соподчиненность в присвоении географических наименований. Более крупным по рангу единицам следует давать наименования по более крупным географическим явлениям (башкирский ярус, верхоянская серия и т. д.); для свит, а следовательно, и горизонтов — по небольшим рекам, ручьям, балкам, отдельным горам, связанным с местонахождением типичного разреза (мечеткинская свита по балке Мокрой Мечетке у Волгограда и т. д.). Нужно стараться, чтобы не было в наименованиях ни синонимии, ни гомонимии.

Синонимия — случай, когда одно и то же подразделение получает от разных авторов разные наименования. Например, в палеогене Волгоградского Поволжья царицынская свита (термин А. П. Павлова, 1896) стала именоваться некоторыми исследователями пичуженской.

Гомонимия — случай, когда одно и то же наименование присваивается совершенно различным подразделениям. Например, тарханский горизонт, выделенный Андрусовым в низах неогена Понто-Каспийской области, и тарханская свита Нехорошева в низах карбона Алтая.

8. Описание каждой новой стратиграфической единицы должно быть опубликовано с обязательным указанием ее типичного или, как принято называть, стратотипического разреза.

Непременно необходимо указывать его характер (естественный разрез, скважина и т. д.) и точное местонахождение.

Итак, для каждой вновь устанавливаемой единицы должен быть выбран и указан стратотипический разрез или сокращенно стратотип, т. е. такой разрез, в котором она наиболее полно и характерно представлена и который затем становится для нее эталонным. С ним в последующем сравняются все остальные разрезы, в которых предполагается выделение этой единицы.

Хотя стратотипический разрез устанавливается по усмотрению автора нового подразделения, его не следует выбирать непродуманно и произвольно из числа хорошо изученных разрезов. Стратотип должен быть наиболее типичен. Поэтому его следует выбирать в районе, где данная единица имеет максимальную мощность, представлена наиболее полно, с отчетливыми верхней и нижней границами. Автор, устанавливающий новую стратиграфическую единицу, несет ответственность за точность изучения и описание стратотипического разреза.

Помимо выделения новых стратиграфических единиц, иногда приходится уточнять объем ранее выделенных. Прежде стратиграфические единицы чаще всего устанавливались эмпирически, некоторые на ограниченном материале, поэтому отдельные уточнения первоначальной характеристики и даже границ и объема возможны и не так редки. Вносимые изменения основываются на новом наиболее полном анализе развития органического мира с уточнением основных рубежей по этим данным либо на уточнении уровней основных фациально-литологических изменений при определении объема вспомогательных единиц. Если изменения объема не превышают некоторой части более мелкого по рангу подразделения (например, при изменении объема яруса он не уменьшается или не увеличивается больше чем на некоторую часть соответствующего подъяруса), то при измененном объеме единица сохраняет свое прежнее наименование. При значительном изменении объема (например, при изменении объема яруса на целый подъярус и более), вместо прежнего подразделения должно вводиться новое с соответствующим новым наименованием.

ЗОНАЛЬНОЕ ДЕЛЕНИЕ

История установления понятия «зона» и ее характеристика

Термин «зона» появился впервые в работах А. д'Орбиньи (1849—1852) и А. Оппеля (1856—1858). Однако зоны д'Орбиньи оказались по сути дела теми же ярусами, только имеющими палеонтологические наименования. Например, синемюрский ярус у него представлял зону *Belemnites acutus*, *Ammonites*

bisulcatus, *Cardinia hybrida*. Интересно отметить, что зона здесь охарактеризована комплексом, включающим представителей разных групп.

Основоположником понятия «зона», как говорилось в предыдущей главе, явился А. Оппель, изучавший юрскую систему в Средней Европе и выпустивший в 1856—1858 гг. книгу: «Юрская формация Франции, Англии и юго-западной Германии».

В качестве непосредственной цели в этой работе Оппель поставил перед собой задачу проследить последовательность мельчайших групп слоев в юре по разным разрезам для того, чтобы получить твердую основу при определении объема отдельных ярусов юры, так как этот объем разными исследователями понимался очень различно. Проследивая в деталях последовательность напластований, Оппель выявил возможность зафиксировать определенные группы слоев, которые характеризовались специфическими фаунистическими комплексами, специфическим сочетанием отдельных видов в них, не повторявшимся ни выше, ни ниже, хотя отдельные виды (и даже имевшие руководящее значение) могли уходить далеко за пределы данного комплекса. Эти отложения или группы слоев, «которые отличаются от прилегающих к ним горизонтов постоянным и исключительным нахождением в них определенных видов», Оппель и выделил как зоны.

К сожалению, Оппель не дал точной формулировки, что такое зона, но описал зоны так подробно, что формулировка легко и определенно может быть сделана по его описаниям. Поэтому можно утверждать, что, во-первых, Оппель использовал зоны для полного расчленения яруса, значит, где можно провести зональное деление, ярус целиком делится на зоны.

Во-вторых, указал, что зональный комплекс, хотя является характерным и специфическим, может несколько варьировать. И если все несколько варьирующие комплексы синхронны, то все они относятся к одной зоне. Таким образом, зона у Оппеля представляет единицу пространственно-стратиграфического значения.

В-третьих, Оппель предложил именовать зону по одному из наиболее характерных видов. Предложил он это делать для краткости, причем сам отметил, что здесь кроется большой недостаток, так как особенности одного вида, по которому названа зона, невольно переносятся на весь комплекс, выпячиваясь вперед и заслоняя особенности комплекса в целом. (Обычно подобным видом-индексом зоны из зонального комплекса выбирается довольно широко географически распространенный, преимущественно наиболее эврифациальный вид, относящийся к достаточно четко и быстро эволюционирующей группе.)

Работа Оппеля вышла до появления «Происхождения видов» Дарвина, и поэтому эволюционное учение не получило отражения в его зональном делении.

Итак, Оппель подчеркивал в своей работе, что зона выделяется по комплексу видов. Но в каждом комплексе в первую очередь нужно принимать во внимание виды, имеющие широкое горизонтальное и узкое вертикальное распространение. Зоны Оппеля, таким образом, являются фаунистическими зонами, и каждый фаунистический комплекс отражает определенную фазу в истории развития органического мира, сколь бы эта фаза ни была незначительной по продолжительности.

Рассматривая зональный комплекс, можно заметить, что разные элементы в нем могут иметь различное значение. Одни будут относиться к стратиграфически индифферентным группам, т. е. имеющим широкое вертикальное распространение и мало-пригодным для характеристики определенных стратиграфических уровней. Другие — к стратиграфически ценным группам, обладающим большой изменчивостью, незначительным вертикальным распространением, хорошо сохраняющимся в ископаемом состоянии и легко используемым для стратиграфических датировок.

Но если взять встречающиеся совместно стратиграфически ценные группы и проводить зональное деление отдельно по каждой из них, то это деление в разных случаях может выглядеть различным образом, так как темпы эволюции различных групп неодинаковы.

Там, где в свое время в верхнемеловом отделе Франции по рудистам выделяли 8 зон, по аммонитам выделялось 14 зон, по морским ежам — 17 зон. В нижнемеловом отделе Франции по аммонитам выделялось 15 зон, а по морским ежам только 4. В ордовике Северной Европы, где по граптолитам выделялось 15 зон, по трилобитам только 5.

Такие зоны, выделение которых основывалось на использовании только одной систематической группы, можно называть монотаксонными (термин Д. Л. Степанова, 1958). Часто они являлись первым этапом в зональном расчленении определенных разрезов. Но там, где зональный комплекс включает несколько стратиграфически ценных групп, выделение монотаксонных зон приводило, как видно из приведенного примера, к параллельным схемам зонального расчленения одних и тех же разрезов, трудно сопоставимым друг с другом.

Зональное деление необходимо проводить по изменению состава всего органического комплекса, следя в первую очередь за изменениями стратиграфически ценных групп. Это дает возможность выделить политаксонные зоны, отражающие, по Д. Л. Степанову, более высокий уровень стратиграфической изученности и часто являющиеся результатом «наложения» и интеграции отдельных монотаксонных зональных схем. Они и будут являться полноценными зонами, если зональный комплекс включает представителей разных групп.

При изложении представлений о зональном делении нам пришлось упоминать термин «биозона». Впервые этот термин был предложен Бакменом (Buckman) в 1902 г. как понятие хронологическое. По его представлениям биозона обозначает продолжительность существования какого-либо вида или иной систематической единицы животного и растительного мира (род, семейство и т. д.). В дальнейшем же под биозонной преимущественно стали понимать отложения, которые образовались за время существования одного вида. Так как автор термина «биозона» применял его не только к виду, а и к другим зоологическим и ботаническим таксономическим единицам, А. Н. Криштофович (1945) предложил термин «эйдозона» (гр. эйдос — вид), отвечающий отложениям, образовавшимся за время существования только какого-либо одного вида.

Хронологическим эквивалентом биозоны стал биохрон (термин Вильямса), а для эквивалента эйдозоны Криштофовичем был предложен термин «эйдохрон».

Однако в разных районах один и тот же вид мог иметь разное вертикальное распространение, и, следовательно, биозона должна была выделяться в районе его максимального развития в разрезе. Поэтому помимо биозоны Фребольд предложил различать еще тейльзону (с хронологическим эквивалентом — тейльхроном), которая представляла слои, отвечающие диапазону распространения данного вида в разрезе конкретного района. Например, в разрезе танетского яруса Бельгии один из характерных видов *Cyprina morrisi* Sow. распространен только в нижней половине разреза. В Крыму этот вид встречается в разрезе всего танетского яруса, а в Англии переходит и в ипрский (нижний эоцен). Следовательно, если бы нужно было выделить биозону *Cyprina morrisi*, то для нее стратотипом послужил бы английский разрез, так как здесь она охватывала бы как танетский, так и ипрский ярусы. А бельгийские и крымские слои с этим видом представляли бы тейльзоны.

Из всего сказанного выше напрашивается вывод, что биозоны непригодны для стратиграфического расчленения, а тем более для стратиграфической корреляции разрезов удаленных районов, так как появление и исчезновение отдельных видов происходит неодновременно на различных территориях.

Большое увлечение биозонами было распространено в свое время среди тех зарубежных исследователей, которые стояли на реакционно-идеалистических позициях ортогенеза, т. е. направленного и предопределенного развития органического мира. Эти позиции заставляли их не замечать нарушений строгой последовательности в сменяющих друг друга биозонах, а также перекрытия этих биозон в какой-то части друг другом (например, ком-

бинированно-непрерывное расчленение на биозоны по аммоноидеям верхнедевонских отложений Германии Ведекинда). Для того, чтобы биозоны могли служить целям корреляции разрезов, они должны повсеместно сохранять одно и то же значение, а этого, как уже говорилось, не получается.

Затем последовательность биозон нельзя установить без изучения последовательности фаун, значит зональное деление все равно является неизбежной предпосылкой. К тому же для детального расчленения разрезов необходимо отсутствие пробелов или перекрываний между биозонами, а они часто встречаются.

Следовательно, расчленение на зоны, а не на биозоны является единственно правильным, и поэтому оно получило чрезвычайно широкое практическое применение.

Иногда при стратиграфическом расчленении хорошо фаунистически охарактеризованных отложений стремились выделять так называемые родовые зоны, соответствующие распространению в них представителей определенного рода из некоторых наиболее быстро и четко изменяющихся органических групп (гониятитов, фузулинид, кораллов и т. п.). В качестве примера можно привести выделявшиеся родовые зоны фузулинид в пенсильванских отложениях США (родовые зоны *Millerella*, *Fusulinella*, *Fusulina*, *Triticites*) или родовую зону *Schwagerina* и *Pseudofusulina* швагеринового горизонта Приуралья.

Однако эти родовые зоны по сути дела являются родовыми биозонами, и в отношении их пригодности для стратиграфического расчленения можно сказать все то, что говорилось о биозонах. Часто сами авторы родовых зон вынуждены признавать частичное перекрывание ими друг друга. Так как полное вертикальное распространение рода проследить значительно труднее, чем отдельного вида, некоторые выделявшиеся родовые зоны оказывались затем соответствующими либо начальной стадии развития данного рода, либо стадии его максимального развития. Поэтому «родовые зоны» не отвечают устанавливаемым с требуемой точностью стратиграфическим подразделениям и не могут рекомендоваться для расчленения разрезов.

Но, оказывается, можно выделять еще и другие более дробные стратиграфические подразделения, чем зоны или биозоны, основанные на палеонтологических критериях. Многие группы организмов в своем развитии проходят более или менее четко выделяющуюся стадию расцвета — акматическую стадию (гр. акме — вершина), относительно более короткую, чем паракма (время до расцвета) и эпакма (время после расцвета). Еще в 1893 г. Бакмен предложил термин **гемера** (от греческого день или время), для обозначения отрезка времени, соответствующего расцвету определенного вида (аммонитов). Таким образом, вначале возникла геохронологическая единица. А в 1925 г. английский геолог Трумен предложил термин **эпиболь** (от «покров» или

«слои») для стратиграфического эквивалента гемеры. Таким образом, эпиболь будет представлять отложения, соответствующие по времени своего образования расцвету какой-либо определенной систематической единицы (вида, рода и т. д.).

Если, как уже говорилось, биозоны в разных, особенно удаленных, районах имеют неодинаковое значение, то эпиболи, казалось бы, и подавно не должны иметь никакого значения. Ведь расцвет какого-либо вида или группы может наступать на разных территориях в разные сроки, а иногда расцвет данной группы в одном месте может совпадать по времени с угнетением ее представителей в других местах. Отсюда вытекает как бы та же практическая непригодность эпиблей, что и биозон. Однако для детального расчленения разрезов в пределах очень узких районов эпиболи оказываются ценными в практическом отношении, так как обычно стадии расцвета соответствует наибольшая частота встречаемости представителей данного вида, что обуславливает наибольшие шансы сохранения и массового нахождения их в ископаемом состоянии. Для узких районов эпиболи могут дать свои местные, достаточно четкие реперы (например, трилобитовые эпиболи в кембрии некоторых районов Сибири, фузулиновые эпиболи в карбоне Самарской Луки).

Все перечисленные выше подразделения получают наименования по характерному виду-индексу так же, как и зона, что может не сразу создать правильное представление о том, какого ранга единица рассматривается в отдельном конкретном случае. Это вносит иногда известные затруднения и еще раз подчеркивает несовершенство принципа наименования зон, отмеченное еще самим Оппелем.

Нужно заметить, что часто в практических работах нечетко выдерживается стратиграфическая терминология и вместо термина «эпиболь» употребляется термин «гемера», приложенный к стратиграфической, а не геохронологической единице.

Своеобразие зонального деления отдельных систем

Если рассматривать зональное деление, которое может быть проведено в пределах отдельных систем, то выявится его своеобразие для разных этапов в истории Земли. В кембрии зональное деление проводится хорошо, причем наиболее важными группами в зональных комплексах, по которым в первую очередь намечаются их различия, будут являться трилобиты и археоциаты. В ордовике ведущими группами организмов в зональных комплексах являются граптолиты и трилобиты, в силуре — граптолиты и кораллы. В этих системах выделяются зоны, имеющие очень широкое, повсеместное значение. В девоне в качестве важных при зональном расчленении групп выделяются гониатиты, бра-

хиоподы, кораллы; в карбоне — фораминиферы, гониатиты, брахиоподы, кораллы, а также флоры. В перми на хорошо изученных территориях преобладают континентальные отложения и отложения морских бассейнов с уклоняющейся от нормальной соленостью. Поэтому зональное деление здесь почти не имеет места.

Классическими системами по зональному расчленению являются системы мезозоя.

В триасе в зональных комплексах играют большую роль аммоноидеи и двустворчатые моллюски; исключительно важны аммониты для юры, а также фораминиферы; в мелу помимо аммонитов важными группами являются белемниты, двустворчатые (особенно иноцерамы и рудисты), морские ежи, фораминиферы. В палеогене важную роль при зональном расчленении играют фораминиферы. Неогеновая и антропогеновая системы не имеют зонального деления, так как в этих системах преобладают континентальные отложения или морские отложения ненормальной солености. Иногда континентальные отложения поддаются зональному делению, правда, имеющему здесь не столь универсальное значение, как для морских отложений. Так, в миоцене и плиоцене Европы по фауне хоботных выделялись зоны *Mastodon angustidens*, *M. longirostris*, *M. arvernensis* и *Elephas meridionalis*. Зональными комплексами, возможно, будут являться в антропогене тираспольский, хозарский, верхнепалеолитический фаунистические комплексы млекопитающих В. И. Громова.

Из сказанного выше следует, что хорошим зональным делением характеризуются отложения, соответствующие эпохам максимального развития бассейнов нормальной солености.

Где преобладают отложения эпох регрессий и ненормальной солености бассейнов, нет хорошего зонального деления, и там выделяются обычно горизонты по совокупности органических форм, не дающей, однако, четких комплексов наподобие зональных. В качестве второго вывода можно сделать заключение, что выделение зон должно основываться в первую очередь на материале изучения наиболее быстро и широко развивающихся групп с учетом, конечно, всех остальных данных по всему комплексу организмов. И там, где можно проводить зональное деление, более высокая таксономическая единица — ярус — должна полностью делиться на зоны.

Стратиграфическим совещанием по палеозою Сибири в 1953 г. было отмечено интересное явление, что каждой зоне, выделенной в кембрийских отложениях преимущественно на основании фауны трилобитов, по простиранию соответствовал целый набор свит с определенной палеонтологической характеристикой. Этот набор свит, если его рассматривать вне связи с зоной, представлял собой стратиграфический горизонт.

Таким образом, зоны и горизонты в условиях открытого моря оказались как бы синонимами, хотя отдельные горизонты могут иногда соответствовать и большему объему.

Стратиграфическое значение зон

После установления понятия о зоне считалось, что зональное деление является чисто местным, а зональные шкалы Опеля не должны выходить за пределы Западной Европы. Однако в скором времени было установлено, что многие европейские зоны, особенно выделенные на основании изменений фауны аммонитов, имеют очень широкое географическое распространение и являются почти универсальными. В отдаленных местностях были встречены те же ассоциации, повторявшиеся в той же последовательности. Так, особенно для мезозойских отложений, могли быть отмечены общие зоны в Европе, Восточной Индии, Южной Африке, Северной и Южной Америке. Общие зоны прослеживаются в юре Европы и Малайского архипелага, в нижней юре Европы и Перу.

Однако наряду с этим встречаются зоны, ограниченные в своем распространении только узкими пределами отдельных районов.

Широта географического распространения зоны не зависит от самих ведущих групп в зональных комплексах. Иногда одни и те же быстро изменяющиеся группы характеризуют как зоны широкого, так и зоны узко локального пространственного распространения. Мощность отдельных зон, выделенных по фауне одной и той же ведущей группы, также бывает очень различной, а при большой амплитуде ее изменения вряд ли стратиграфическое значение этих зон может быть вполне одинаково. Таким образом, можно сделать вывод о том, что имеются зоны различных категорий.

Зоны местные, не выходящие за пределы узких районов. Например, зоны Лериша для танентского яруса Бельгии (зона *Cyprina morrissi*, зона *Pholadomya koninckii*, зона *Cyprina scutellaria*). Уже на соседних территориях нет подобного деления.

Зоны провинциальные, распространенные в пределах отдельных палеобиогеографических провинций, и имеющие свои отличия в каждой провинции. Например, трилобитовые зоны Англии, Прибалтики и Сибири.

Зоны универсальные (мировые, планетарные), имеющие повсеместное или почти повсеместное распространение. Особенно это относится к упоминавшимся ранее мезозойским аммонитовым зонам. Комплексы этих зон снимают узко провинциальные барьеры и играют исключительную роль при корреляции разрезов удаленных районов. Даже занос северных форм в

южные районы в виде некропланктона помогает увязке разрезов и не умаляет значения включающих перенесенные формы комплексов.

Конечно, не нужно представлять, что эти зоны совершенно не связаны с определенными фациальными условиями и повсеместно выделяются в любых отложениях данного возрастного интервала. Они выделяются в отложениях, образовавшихся в широко географически развитых близких фациальных обстановках. Наличие универсальных зон позволяет эту стратиграфическую единицу считать единицей единой стратиграфической шкалы.

Стратиграфическое значение той или иной зоны находится в прямой связи с ее горизонтальным распространением, т. е. с отнесением ее к одной из перечисленных выше категорий. Но распространение не влияет на значение каждой зоны для истории развития органического мира, один из этапов которого отражает ее зональный комплекс. При установлении зоны впервые ее стратиграфическое значение не может быть предугадано заранее, так как не зависит, как было показано раньше, ни от характера ведущих групп организмов в зональном комплексе, ни от богатства их видами. Оно определяется эмпирически с течением времени, когда устанавливается широта географического распространения данного зонального комплекса. Тогда становится ясным, может ли служить данная зона только для дробного стратиграфического расчленения небольшого района или она пригодна для корреляции более или менее значительно удаленных районов.

ГОРИЗОНТ КАК СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ЕДИНИЦА И КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

История установления понятия о горизонте как стратиграфической единице

Понятие о горизонте, как о стратиграфической единице, было введено Николаем Алексеевичем Головкинским во второй половине прошлого столетия. Однако, к сожалению, оно вскоре было забыто, и до самого последнего времени в термин горизонт чаще всего вкладывалось не объемное, а линейное понятие. Горизонт представляли в виде уровня (например, маркирующий горизонт), соответствующего тем или иным специфическим частям определенной толщи.

Так, в инструкциях по геологической съемке разных масштабов Министерства геологии и охраны недр, выпуска 1956 г., горизонт определяется как какая-либо характерная часть свиты, яруса или другого подразделения. Это могут быть слои с фауной,

слои руд, известняков, конгломератов и т. д. Но это все понятия о горизонте, как о подсобной маркирующей единице, которой не присваивается собственное географическое наименование. Горизонту, как вспомогательной региональной стратиграфической единице, теперь дается то толкование, основоположником которого явился один из выдающихся русских геологов прошлого века, профессор Казанского университета Н. А. Головкинский.

Нужно отметить, что Головкинский первым в русской геологической литературе ввел понятие о фациях, открытых Аманом Грессли, но долго замалчивавшихся современниками, и показал в своей практической деятельности, что учет фациальной обстановки является неперенным условием, если необходимо нарисовать правильную картину геологического строения того или иного района. Одной из выдающихся идей Головкинского была выдвинутая им впервые в истории развития русской и мировой науки проблема образования осадков во времени и пространстве, которая предвосхитила так называемый «закон Вальтера», опередив его на 25 лет.

Рассматривая пермские отложения на большой территории их распространения в своей докторской диссертации «О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна» (1868), Головкинский последовательно излагает представления о развитии процесса слоенакопления. При прослеживании отдельных слоев на значительные расстояния удается установить, что литологический состав их иногда довольно сильно меняется. В зависимости от изменения литологического состава меняется и характер встречающихся в этих слоях фаунистических комплексов. Если вникнуть в причины изменений фаунистических комплексов, то можно заключить, что характер изменений может быть объяснен изменением глубины морского бассейна на отдельных участках. Изменения глубины (и в связи с этим изменения состава осадков и фаунистических комплексов) в свою очередь связаны с перемещением береговой линии, которое приводит к обмелению или углублению моря на определенных участках.

Головкинский подчеркивает, что это всеобщий процесс, свойственный всем морским бассейнам геологического прошлого. Состав пород определяется условиями накопления осадков и в первую очередь степенью удаленности того или иного участка моря от берега. По общей схеме в непосредственной близости от берега моря будет отлагаться крупно-обломочный материал (рис. 1). В ископаемом состоянии это конгломераты, которые в сторону моря переходят в грубозернистые, а дальше во все более мелкие и тонкие пески. За песками, в еще более глубоководной части, начинают откладываться глины, а за ними через промежуточную мергельную зону — известняки (тогда считалось, что известняк — относительно более глубоководная порода).

Теперь посмотрим, что будет происходить, если уровень моря повысится (рис. 2). Береговая линия сместится в сторону суши, и галечники, превращаемые в процессе диагенеза в конгломераты, сейчас будут откладываться там, где во время предыдущего этапа была прибрежная полоса суши. Над образовавшимися прежде конгломератами начнут откладываться пески. Над песками, отложенными до перемещения береговой линии, станут

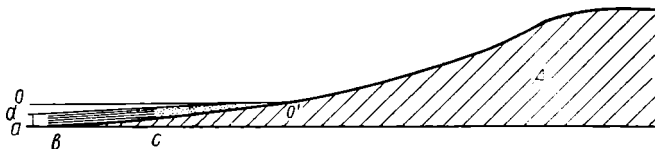


Рис. 1. Схема распределения зон осадкообразования по глубинам при исходном положении уровня моря $o-o'$ (Н. А. Головкинский, 1869):

A — суша; $o-o'$ — уровень моря; $d-o'$ — положение морского дна; $c-o'$ — участок дна, где отлагаются конгломераты, песчаники, глины; $b-c$ — участок дна, где образуются мергели; $a-b$ — участок дна, где отлагаются известняки

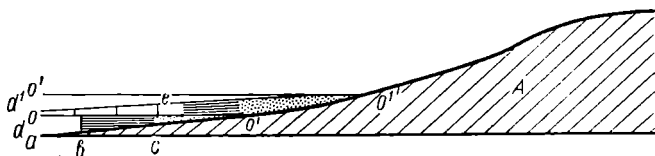


Рис. 2. Схема распределения зон осадкообразования по глубинам при повышении уровня моря $o^1-o^{1'}$ (Н. А. Головкинский, 1869):

$o^1-o^{1'}$ — новый уровень моря при опускании суши; A ; $d^1-o^{1'}$ — новое положение морского дна; $o^1-o^{1'}$ — участок дна, где образуются конгломераты, песчаники, глины при новом уровне моря; $e-o^1$ — участок дна, где образуются мергели; $e-d^1$ — участок дна, где отлагаются известняки (остальные обозначения см. на рис. 1)

отлагаться глины и т. д. Мы получим тот же ряд взаимно переходящих друг в друга пород, обусловленный изменением глубин на разных участках, только сдвинутый в плане по отношению к предыдущему ряду. Если береговая линия переместится еще дальше, получим еще один подобный ряд, снова сдвинутый в плане в сторону суши. Над конгломератами первого этапа теперь будут залегать пески второго и, наконец, глины третьего этапа, так как глубина на этом участке еще больше увеличится и т. д. (рис. 3). При регрессии, т. е. при отступании береговой линии, смена переходящих друг в друга пород будет идти в обратном порядке. Исходя из рассмотренных положений, можно сделать следующее заключение. Влияние перемещения береговой линии на характер осадков сказывается в том, что последовательность

определенных типов пород по разрезу (т. е. по вертикали) повторяет ту же последовательность в плане. Значит, для каждого определенного момента положение береговой линии отражает распределение отдельных зон седиментации.

К сожалению, работа Головкинского, напечатанная на русском языке, осталась неизвестной для зарубежных геологов и не была в свое время популяризована соотечественниками. Она была надолго забыта. А спустя 25 лет те же положения появились в труде немецкого геолога И. Вальтера (1893—1894), независимо пришедшего к тому же: только такие фации могут

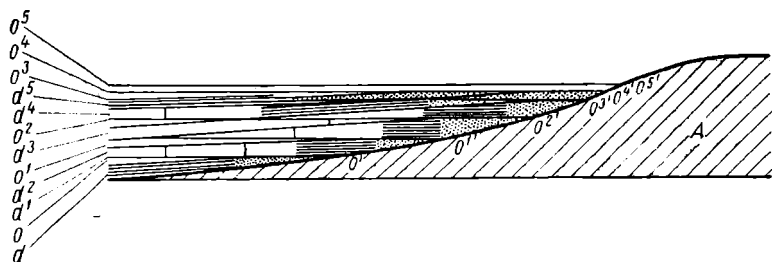


Рис. 3. Схема распределения зон осадкообразования по глубинам при смене равномерного опускания дна уменьшением опускания (после уровня o^3 — $o^{3'}$), но при неизменном количестве поступающего с суши материала (Н. А. Головкинский, 1869):

o — o' до o^5 — $o^{5'}$ — последовательные уровни трансгрессирующего моря; d — d' до d^5 — $d^{5'}$ — соответственные положения морского дна (остальные обозначения см. на рис. 1).
Показано расширение площадей образования мелководных осадков внутри бассейна

лежать друг над другом, которые могут располагаться рядом друг с другом.

Однако сам Головкинский отметил, что начертанная им схема является идеальной. Отчетливые границы между литологическими комплексами в вертикальном направлении и резкая смена их в горизонтальном возможны только при идеально простом течении процесса осадконакопления: если этот процесс не нарушается, если осадки уносятся все время на одинаковое расстояние от берега, если состав приносимого материала постоянен и т. д. На самом деле процесс осадконакопления гораздо сложнее. К изучению его нельзя подходить со схемой, как с готовой рамой. Требуется тщательное выявление отклонений. Головкинский не только высказал, но и глубоко обосновал свои представления. Им были указаны и причины перемещения береговой линии, которые он видел в вертикальных колебательных движениях земной коры. Он впервые ввел четкое представление о колебательных движениях и разработал метод выявления их в разрезе осадочной толщи.

Представления Головкинского подвели его к глубокому пониманию фаций. Он указал, что одновременно образуются разные по составу породы, которым свойственны определенные комплексы фауны. Условия обитания фауны в первую очередь зависят от характера дна и, следовательно, каждой фации присущи свои формы организмов. Изменение литологического состава пород отражает изменение условий обитания, для понимания и реставрации которых необходимы наблюдения пад жизнью современной фауны. Изменения фауны по слою неизбежны. Поэтому Головкинский резко подчеркнул необходимость детального изучения изменений фауны по горизонтали, т. е. по слою, а не только по вертикали, т. е. по разрезу, как это обычно делалось. Корреляция должна производиться при учете фаций и миграций фауны. Тогда некоторые стратиграфические единицы, считавшиеся до этого разновозрастными, окажутся одновременными, но разнофациальными. Здесь Головкинский подходит к пониманию горизонта как стратиграфической единицы: «...должно внимательно различать понятия о хронологическом, стратиграфическом, петрографическом и палеонтологическом горизонтах. Вообще геологическим горизонтом мы называем направление, соединяющее такие части формации, которые аналогичны в одном из названных отношений»¹.

Петрографический горизонт сменяется другим с изменением литологического состава. Палеонтологический горизонт будет совпадать с распространением определенных фаунистических комплексов. Стратиграфический горизонт продолжается даже тогда, когда данный слой выклинивается. Он объединяет разновозрастные, хотя и разнофациальные отложения по горизонтали, которые образовались одновременно, например, в одном и том же бассейне, но в различных его частях. Отсюда ясно, что у Головкинского горизонт не уровень, а реально существующее геологическое тело, соответствующее определенному этапу в развитии данного района. Установление разных понятий горизонта не случайно. В общем подчеркивается, что допустим только комплексный метод изучения отложений как в разрезе, так и в плане. Таким образом, мы вплотную подошли к той формулировке горизонта, которая была приведена в разделе об объеме и содержании стратиграфических единиц.

Корреляционные стратиграфические схемы

Видимо, не пришлось бы так подробно останавливаться на истории установления горизонта как стратиграфической единицы, и на его отличии от широко внедрившегося представле-

¹ Н. А. Головкинский. О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна. Мат. для геол. России, т. I. Изд. СПб. Минерал. об-ва, 1869, стр. 399—400.

ния о горизонте как о маркирующем уровне, если бы не перво-степенное практическое значение этой единицы в настоящее время в связи с разработкой корреляционных стратиграфических схем.

Широко развернувшиеся геологические и специальные стратиграфические исследования за несколько прошедших десятилетий накопили огромный материал по стратиграфии различных районов СССР, для которых с большей или меньшей точностью были разработаны конкретные местные и региональные стратиграфические схемы. Разработка этих схем имела огромное значение для познания геологического строения территории нашей страны.

В этих схемах преимущественно преобладали новые вспомогательные (местные) стратиграфические подразделения, которые, правда, не всегда выделялись достаточно обоснованно, дублируя иногда уже установленные подразделения. Так или иначе многочисленные местные схемы с собственными местными подразделениями для небольших территорий нуждались в сведении в общую единую схему объединяющего эти территории региона, где региональная схема должна была являться по отношению к местным схемам своеобразным «общим знаменателем».

Таким образом, по мере дальнейшего геологического изучения нашей страны и накопления все большего и большего материала появилась настоятельная потребность в тщательно разработанной и хорошо обоснованной корреляции местных схем как для отдельных регионов, так и для всей территории Советского Союза в целом.

Практическое значение таких схем огромно. Они помогут дальнейшему рациональному развертыванию геологосъемочных работ, обобщению геологических данных по крупным регионам, составлению сводных и обзорных геологических и иных специализированных карт, уточнению геологической истории территории СССР. С другой стороны, работа над корреляционными схемами даст новый материал для дальнейшей унификации стратиграфической терминологии и номенклатуры, для разработки общих проблем исторической геологии и стратиграфии, для корреляции разрезов нашей страны с соответствующими разрезами других стран и континентов.

В настоящее время только начинается работа над составлением таких схем во всесоюзном масштабе. Межведомственным стратиграфическим комитетом предложено составлять корреляционные схемы по каждой системе для крупных регионов. В зависимости от размера охватываемой этими схемами территории выделяются три главнейших типа конкретных стратиграфических схем: 1) местные схемы, охватывающие части региона; 2) региональные схемы, в которых должны найти отражение основные особенности и стратиграфические соотношения для

различных частей крупных регионов, представляющих отдельные структурно-фациальные зоны в их пределах (под регионами здесь понимаются обширные территории, характеризующиеся единством геологического строения в широком смысле этого слова, как, например, Русская платформа, Урал, Кузнецкий бассейн); 3) общие корреляционные стратиграфические схемы по каждой геологической системе для всей территории СССР на основе сопоставления всех имеющих отношение к данной системе региональных схем. Эти схемы будут представлять уже последующий высший этап стратиграфических обобщений, поэтому сейчас на них останавливаться не стоит.

Региональная схема состоит из двух основных частей: из унифицированной части и корреляционной (внутрирегиональной; таблица I). Корреляционная часть схемы представляет сопоставление разрезов различных частей региона или, иными словами, возрастную корреляцию выделенных в этих частях местных стратиграфических подразделений. Для этого в нее включаются сводные стратиграфические разрезы по каждой структурно-фациальной зоне или подзоне, входящей в данный регион, достаточно четко выделяющейся и отличной от смежных. Следовательно, в схеме показываются только основные фациальные разновидности отложений и основная, наиболее правильная из предлагавшейся номенклатура, применяемая к местным подразделениям. По каждому разрезу дается очень краткая в двух-трех словах литологическая, палеонтологическая, фациальная характеристика каждого местного подразделения (которым, в основном, будет являться свита), с приведением мощности или пределов ее колебаний, а графически условными знаками показываются взаимоотношения со смежными стратиграфическими подразделениями. Эта часть региональной схемы в предельно сжатой форме как бы излагает фактический материал по данному региону.

Унифицированная часть схемы представляет обобщение данных, приведенных в корреляционной части, и содержит унифицированные, т. е. единые для данного региона стратиграфические подразделения и их биостратиграфическую характеристику по фауне и по флоре. Эти подразделения последовательно охватывают по вертикали и суммируют по горизонтали все местные подразделения, приведенные в корреляционной части. Основная стратиграфическая графа в этой части дает деление сводного разреза региона на горизонты, которые объединяют по горизонтали разнофациальные, но одновозрастные местные подразделения (свиты), представляя собой как бы «общий знаменатель» для целого ряда одновозрастных свит в пределах данного региона. Если несколько горизонтов объединяются одной серией, то ее название с указанием вертикального охвата помещается слева в той же графе, что и наименования горизонтов.

Таблица I

[illegible]

Пример корреляционной стратиграфической схемы (фрагмент схемы стратиграфии палеогеновых отложений Волго-Донского водораздела)

Наименование горизонта совпадает с наименованием наиболее хорошо представленного и изученного разновозрастного стратиграфического подразделения (в основном свиты) какой-либо из структурно-фациальных областей, входящих в данный регион. Таким образом, стратотипом горизонта являются типичные отложения данного подразделения, по которому горизонт получил наименование.

Если для определенной части разреза уже прочно вошло в геологическую литературу название горизонта, которое при современном состоянии изученности данного района не соответствует наиболее хорошо представленной свите, то старое наименование сохраняется при обязательном понимании под ним объединения всех разнофациальных отложений региона на данном стратиграфическом уровне, а не локальной стратиграфической единицы.

Если в настоящее время определенные интервалы стратиграфического разреза не расчленяются на свиты и не могут быть объединены в горизонты, то они выносятся в сводную графу унифицированной части схемы как толщи с предельно краткой литологической характеристикой (например, «Нерасчлененная песчано-глинистая толща» и т. д.).

Помимо унифицированной и региональной частей схемы, дается, насколько позволяет имеющийся фактический материал, увязка их с единой стратиграфической шкалой.

Таким образом, составление корреляционных схем для геологического изучения нашей страны и практики геологоразведочных работ имеет большое значение.

ИНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ТИПАХ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ШКАЛ

В предыдущих разделах указывалось, что большинством советских стратиграфов принимается в настоящее время единая стратиграфическая шкала с дополняющими ее вспомогательными (местными) единицами. Однако не только за границей, но и у нас существовали и существуют иные представления по этому вопросу. С ними можно встретиться в геологической литературе, и поэтому их нужно упомянуть хотя бы в сжатой форме.

Так, А. Н. Криштофович (1945) в работе, посвященной вопросам стратиграфической классификации, предлагал общую стратиграфическую шкалу в том виде, как она была принята международными геологическими конгрессами, с небольшим дополнением стратиграфических и геохронологических единиц: подзона — подфаза; эйдозона — эйдокрон.

Помимо общей стратиграфической шкалы, им была разработана довольно сложная шкала региональных стратиграфических единиц, которую он называл новой системой региональной стратиграфии. В качестве основной стратиграфической единицы

в этой шкале была принята свита. Объединение свит давало начало более крупным региональным стратиграфическим единицам, а разделение свиты на части — более мелким.

Одновременно предлагались и соответствующие данным стратиграфическим единицам региональные геохронологические единицы. Наиболее подходящим эквивалентом для свиты считался термин «порá». Однако система региональной стратиграфии получилась у Криштофовича громоздкой (см. табл. 1) и не привилась в практических работах.

Большинство исследователей, которые не соглашались с необходимостью выделения единой стратиграфической шкалы, считают, что должны применяться следующие типы стратиграфических шкал, построенные на различных принципах.

Местная, или локальная, — разрабатывается применительно к конкретным условиям определенного геологического района. Площадь охвата незначительная. Детальность тем больше, чем меньше эта площадь. В основе выделения единиц — литолого-генетические признаки. Одни рассматривают эту шкалу как вспомогательную, рабочую, нередко носящую временный характер, другие как основную для геологического изучения сравнительно небольших районов. Основная единица в этом типе стратиграфических шкал — свита. Естественные границы стратиграфических подразделений этой шкалы могут не совпадать с границами единиц общей шкалы.

Региональная шкала разрабатывается для региона, т. е. для довольно крупной области, характеризующейся общностью истории своего геологического развития. Радиус действия — большой, детальность — меньшая. Метод выделения комплексный: на основе литолого-генетических, палеонтологических, диастрофических признаков и т. д. Одни считают, что региональные схемы строятся на базе увязки локальных схем, являясь своего рода «общим знаменателем» для них. Для определенных регионов в известной мере могут даже заменить общую шкалу (Д. Л. Степанов, 1946). Другие считают, что региональная шкала является основой для познания геологического строения отдельных регионов и должна строиться на установлении естественных этапов в развитии каждого региона с выделением конкретных свит или комплексов, представляющих реальные геологические тела с присущими им особенностями литологического состава, палеонтологического содержания и взаимоотношений с подстилающими и покрывающими отложениями, легко поддающиеся картированию и изучению в поле (Г. П. Леонов, 1953). Помимо указания на свиту и на комплекс, как на основные единицы в этом типе шкал, предлагались для них еще ярусы или горизонты. Считалось, что ярусы региональных схем в одних случаях могут совпадать с ярусами общей шкалы, в других иметь местное (т. е. региональное) значение. Для последних

Система региональной стратиграфии А. Н. Криштофовича (1945)

Стратиграфические подразделения	Краткая характеристика	Геохронологические подразделения
Эпейролита (эпейрос — материк, литос — камень)	Объем до нескольких групп. Площадь распространения — материк или значительные его части. (Ангарская эпейролита, охватывающая палеозой и мезозой)	Эпейроцикл (эпейрос — материк)
Эврилита (эврос — обширный, литос — камень)	Объем равен одной или нескольким системам. Площадь распространения обширная. Может являться частью эпейролиты. (Тунгусская и байкальская эврилиты)	Эврицикл (эврос — обширный)
Комплекс	Группа осадков любой (но все же значительной) мощности или состава, связанная одним каким-либо признаком единства. Объединяет синклезы	Мегацикл
Синклез	Объединение двух или более свит	Этоцикл (этос — год)
Свита	Основная единица	Литоцикл или поря
Подсвита (ступень)	Часть свиты	Батроцикл (батрон — ступень)
Звено	Отдельные слои с характерными особенностями	Мерицикл (мерис — часть)

даже предлагался особый термин «региоюраус». Такое переплетение с номенклатурой единиц общей шкалы разделяется далеко не всеми.

Межрегиональная шкала — для нескольких смежных регионов. Радиус действия еще больший, степень детальности еще меньшая. Выделение стратиграфических единиц, в основном, базируется на биостратиграфических методах. Строится на синтезе региональных шкал путем выделения естественных комплексов историко-геологическим методом, но уже в межрегиональном масштабе.

Общая, или международная, шкала строится, по представлениям данных стратиграфов, на чисто биостратиграфических данных и потому кажется некоторым из них абстрактным эталоном.

В самое последнее время Б. П. Жижченко (1958) свел все предлагавшееся разнообразие стратиграфических шкал воедино, разбив их на две категории:

1. Палеонтологически обоснованные схемы;

Свойственные им единицы

Международная	Группа	} Иногда могут быть общими, но чаще провинциальные
	Система	
Межпровинциальная	Отдел	
	Ярус	
Провинциальная	Горизонт	

Принципиальное отличие этих типов шкал, по Б. П. Жижченко, — палеонтологическая охарактеризованность подразделений и палеонтологический критерий в основе расчленения отложений. Причем, под палеонтологической охарактеризованностью автор понимает не только присутствие определенного ископаемого комплекса в отложениях, а выявление его отличия от органических комплексов в подстилающих и покрывающих отложениях соответственно для всех фаций, известных в данном возрастном интервале на исследуемой территории.

Таким образом, понятие палеонтологической охарактеризованности усложняется, отчего практическое использование ее затрудняется. Многие отложения, до этого считавшиеся хорошо палеонтологически охарактеризованными, попадают в разряд палеонтологически неохарактеризованных.

2. Схемы, основанные на литологических данных и лишь частично на палеонтологических:

Свойственные им единицы

Межрегиональные	Серия
Региональные	Свита
Местные	Пачка
	Пласт

И здесь нет выдержанности принципов выделения, а, вернее, утверждается в завуалированном виде комплексность. Различие всех приведенных схем, по мнению Б. П. Жижченко, проводится и по характеру их обоснования, и по методам выделения стратиграфических единиц. Так, местные и узкорегionalные схемы разрабатываются на основе сходства порядка напластования и прослеживания стратиграфической непрерывности, а также выявления смен комплексов фаун и флор. Начиная с региональной, все стратиграфические схемы, составленные для отложений, формировавшихся в различной фациальной обстановке, могут быть разработаны лишь с применением палеогидрологического или палеогеографического метода. Межпровинциальная и международная схемы могут быть разработаны только при помощи палеогеографического метода.

Подытоживая рассмотрение предлагавшихся типов стратиграфических шкал, необходимо отметить следующее. В основу их построения и различия положен отрыв друг от друга разных сторон единого процесса развития Земли, каждая из которых противопоставляется другим и используется для обоснования особого типа шкал. Отвергаемая в формулировках принципов построения тех или иных шкал комплексность на деле применяется всеми в более или менее завуалированном виде. Естественно, что результаты комплексного метода, приложенного к разным отложениям, будут разными в зависимости от характера конкретного материала; в принципе же во всех случаях должен осуществляться комплексный подход. Нужно строить конкретные местные схемы, конкретные региональные схемы, базируясь на едином принципе — комплексном подходе к выделению стратиграфических единиц, опираясь в первую очередь каждый раз на ту сторону, которая по характеру исследуемого материала в данном конкретном случае может оказаться ведущей.

Отрицание своеобразия принципов построения вспомогательных (местных) единиц и признание единой методики выделения для всех несколько не умаляют исключительно важного практического значения местных единиц при построении конкретных стратиграфических шкал для конкретных районов.

Как видно, единая стратиграфическая шкала с единым принципом выделения всех стратиграфических единиц наиболее отвечает теоретическим и практическим запросам геологии.

**МЕТОДЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ
И СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ РАЗРЕЗОВ.
ГРУППА ФИЗИЧЕСКИХ (НЕПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ)
МЕТОДОВ**

**ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРАТИГРАФИЧЕСКОМ РАСЧЛЕНЕНИИ
И КОРРЕЛЯЦИИ**

Как говорилось в введении, стратиграфические исследования имеют две основные задачи — стратиграфическое расчленение и стратиграфическую корреляцию разрезов, которые неразрывно связаны друг с другом и представляют два последовательных этапа этих исследований.

Под стратиграфическим расчленением понимается наиболее детальное выяснение последовательности и характера напластования, а также специфических особенностей различных толщ и слоев в отдельном разрезе.

Теоретически задача расчленения разреза решается довольно просто. В основу здесь положен известный стратиграфический принцип: каждый кроющий пласт моложе подстилающего (при ненарушенном залегании). Одинаковая последовательность пластов в разных выходах свидетельствует о тождественности их наложения в закрытых промежутках между выходами, причем чем ближе разрезы расположены друг к другу, тем этот вывод вернее.

Стратиграфическая корреляция представляет сопоставление между собой и установление возрастных соотношений, вскрываемых различными разрезами, отложений в более или менее удаленных друг от друга районах без непосредственного непрерывного прослеживания отдельных горизонтов.

Корреляция может быть местной и общей. Местная корреляция — это сопоставление отдельных разрезов в пределах одного, сравнительно небольшого района, а общая корреляция — сопоставление разрезов удаленных областей, иногда расположенных на разных континентах. При общей корреляции устанавливается соответствие данных слоев и сравниваемых, находящихся в разрезе удаленного района, одному и тому же стратиграфическому уровню, представляющему обычно какую-либо единицу единой

стратиграфической шкалы и отвечающему определенному геологическому возрасту. Поясним примерами, что собой представляет местная и общая корреляция.

Если взять разрез верхнепалеоценовых отложений в долине р. Чурук-су у г. Бахчисарая и в долине р. Бодрака в Крыму, то и тут, и там можно расчленить его на несколько характерных горизонтов. Внизу залегает мергелистый песчаник с многочисленными ядрами моллюсков плохой сохранности; выше он покрывается голубовато-серым мергелем с характерным прослоем губок и скоплением ядер моллюсков; голубовато-серый мергель сменяется в верхней части толщи серовато-желтым с редко встречающимися в нем ископаемыми. От одного разреза до другого нельзя непосредственно проследить ни один из слоев, как как водораздельные пространства между долинами рек почти совсем лишены обнаженности. Но тем не менее эти разрезы нетрудно сопоставить, хотя разрез в долине р. Бодрака почти в два раза сокращается в мощности по сравнению с разрезом у г. Бахчисарая. Уже сам литологический состав и даже цвет пород в сходных горизонтах обоих разрезов, одинаковый порядок напластования, маркирующий губковый прослой, характерный облик встречающихся там и тут ископаемых моллюсков и другие признаки, позволившие сперва расчленить каждый из разрезов в отдельности, дают возможность произвести сопоставление соответственных горизонтов этих разрезов, хотя шаг за шагом и не прослежен переход одних слоев в другие. Такое сопоставление, основанное на тождестве почти всех выявляемых признаков в сравниваемых разрезах одного района, и будет примером местной корреляции.

Теперь представим, что нужно верхнепалеоценовые отложения у г. Бахчисарая сопоставить с разрезом Поволжья, например, в районе к северу от г. Волгограда, т. е. с разрезом удаленной области, имеющей совершенно иное геологическое строение. Здесь разрез палеогеновой системы начинается довольно мощной сызранской серией, внизу слагающейся толщей опок, которая переходит кверху через переслаивание опок и опоковидных песчаников в толщу алевритовых песков и алевритов с довольно богатым комплексом моллюсков.

Литологически оба разреза представлены совершенно разными породами, мощность отложений также несопоставима. Но если изучить фаунистические комплексы из верхнепалеоценовых отложений у г. Бахчисарая в Крыму и из верхнесызранской подсерии на Волге, то окажется, что выявляется соответствие каждого из этих подразделений танетскому ярусу палеоцена, хотя в волжских разрезах встречается много своих местных форм. Таким образом, верхнепалеоценовые отложения юго-западного Крыма можно сопоставить с определенным интервалом в разрезе Поволжья без непрерывного прослеживания путем

установления соответствия данных (крымских) и сравниваемых с ними (волжских) слоев одному и тому же стратиграфическому уровню (танетскому ярусу), представляющему в нашем конкретном случае теоретический уровень, хотя сам танетский ярус появился в схеме стратиграфии палеогена как отражение реального этапа в истории развития Земли. Так проводится общая корреляция.

Конкретных методов стратиграфического расчленения и стратиграфической корреляции разрезов много, но они могут быть сгруппированы первоначально в две большие группы: группу физических и группу биологических методов.

Группа физических методов основывается на том материале, который дает нам, главным образом, изучение неорганического мира. Сюда будут относиться геотектонический, палеогеографический в узком смысле слова, литолого-минералогический и другие методы, о чем будет сказано более подробно в дальнейшем.

Основные недостатки этой группы методов сводятся к следующему. Во-первых, пространственное непостоянство, пространственная ограниченность проявления многих признаков, на которых строятся данные методы. Четкое проявление этих признаков наблюдается не повсеместно, а на более или менее ограниченных площадях. Во-вторых, повторяемость сходных признаков во времени, выражающаяся в приуроченности сходных проявлений к разным стратиграфическим уровням. Это объясняется тем, что явление необратимости в развитии неорганического мира пока еще не может улавливаться с такой четкостью, как в развитии мира органического.

Группа физических методов для целей стратиграфического расчленения и корреляции самостоятельно применяется тогда, когда в разрезах отсутствуют палеонтологические остатки, либо при особо детальных работах, при которых необходимо выделять столь дробные подразделения, что их палеонтологическая характеристика не дает существенных различий. Правда, в подобных случаях бываю ценны палеоэкологические методы (см. следующую главу).

Группа биологических методов стратиграфического расчленения и корреляции разрезов представляет собой палеонтологический метод в широком смысле этого слова. В основу данных методов положен принцип наблюдаемой последовательной смены фаунистических и флористических комплексов, связанной с историческим развитием органического мира. Главным преимуществом группы биологических методов является прослеживаемая по органическим остаткам необратимость эволюции, так как четко фиксируется неповторимость одинаковых форм животных и растений в истории развития Земли. Эта необратимость подчеркивает своеобразие каждого из пройденных этапов. Не менее важное значение имеет широкое пространственное распростра-

нение многих органических форм и комплексов, обуславливающее возможность корреляции разрезов очень удаленных районов.

Роль и значение объектов палеонтологического изучения для стратиграфических целей возрастает еще и вследствие того, что органические формы являются наиболее чувствительными индикаторами изменяющихся условий и фиксируют их изменением своей наследственной основы.

Благодаря указанным преимуществам группа биологических методов является основной и ведущей при корреляции разрезов, а также, что особенно существенно, контролирующей все остальные методы. Только при усовершенствовании методики и увеличении точности методов определения абсолютного возраста пород это контролирующее значение в будущем может целиком перейти к ним.

Однако, несмотря на свои преимущества, группа биологических методов не может иметь универсального значения, так как встречаются широко распространенные немые отложения, к которым нельзя применить эти методы.

Уже неоднократно указывалось, что стратиграфические выводы должны, по возможности, базироваться на разных методах, которые могут оказаться эффективными в каждом конкретном случае и будут дополнять друг друга. Следовательно, всегда эти выводы должны основываться на комплексном подходе. Так как группа физических методов и группа биологических методов отражают две стороны одного и того же процесса исторического развития Земли, совместное их применение наиболее полно обеспечивает комплексность в стратиграфических исследованиях.

Итак, практически расчленение и корреляция строятся на совместном применении разных методов. Рассматривать же эти методы удобнее по группам. Необходимость комплексного применения методов требует хотя бы краткого рассмотрения группы физических методов и при изложении основ биостратиграфии. Группа биологических методов рассматривается в следующей главе.

ГРУППА ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ И КОРРЕЛЯЦИИ РАЗРЕЗОВ

Подгруппа диастрофических методов

Диастрофический, или геотектонический, метод. Появился на рубеже XIX и XX веков, когда явления диастрофизма начали использоваться в качестве критериев для выделения стратиграфических единиц и корреляции разрезов. Нужно отметить особую важность тектонических критериев для стратиграфического

расчленения докембрийских отложений, к которым практически почти совершенно не применимы биостратиграфические методы. В ряде случаев наблюдается хорошее совпадение данных по стратиграфическому расчленению на основании палеонтологических и диастрофических методов. В этом нет ничего удивительного, так как одни и те же явления могут получить одинаковое отражение в документах и органического и неорганического мира. С тектоническими движениями связано изменение физико-географических условий, а последнее в свою очередь оказывает влияние на развитие и изменения органического мира. Однако при введении диастрофического метода была тенденция рассматривать его как универсальный метод в стратиграфии, заменяющий и даже исключаящий палеонтологические методы.

Так, например, в 1932—38 гг. А. Грабау выступил с пульсационной гипотезой геотектонического развития Земли. Он выделял всеобщие трансгрессии и регрессии в палеозое, отражавшие, по его мнению, ход геотектонического развития Земли в течение данной эры. Грабау предполагал наличие вертикальных движений в подокеанических областях — пульсаций или ритмических колебаний дна мирового океана, благодаря которым должно происходить общее повышение или общее понижение уровня мирового океана на всех материках. Ритмичность колебания уровня мирового океана должна обусловить и ритмичность в распространении трансгрессий и регрессий (с одновременным проявлением их во всех геосинклиналях), и ритмичность геосинклинальной седиментации.

На этих принципах А. Грабау была разработана «нормальная» стратиграфия палеозоя. За границы между «системами» принимался момент максимального развития регрессии и начала новой трансгрессии. Каждая «система» поэтому распадалась на два естественных отдела, из которых нижний являлся трансгрессивным, а верхний — регрессивным. При таком подходе к понятию «системы» число их в палеозое у Грабау почти удвоилось, потому что каждая соответствовала одной пульсации, в составе которой выделялись трансгрессия, регрессия и межпульсационная фаза.

Принципиально близкие позиции можно отметить в работе М. А. Усова (1939). В ней, по сути дела, излагалась теория саморазвития Земли, которая основывалась на идее геотектонической цикличности.

Однако сложный процесс развития Земли М. А. Усов ограничил механическими движениями пульсаций, соответствовавших сжатию Земли и проявлявшихся в виде фаз складчатости.

Своим воззрениям М. А. Усов дал прямое применение в стратиграфии. Выделение фаз тектогенеза он использовал для выяснения нормальной последовательности слоев и расчленения

разреза на крупные стратиграфические комплексы. Эти комплексы, границами которых являлись перерывы, соответствовавшие проявлениям тектонических фаз, он назвал отвергнутым в стратиграфии термином — формации. Формации, в понимании М. А. Усова, представляли наслоенные толщи, каждая из которых образовалась непрерывно и отделена от смежных тектоническим или денудационным перерывом. Так, для Западной Сибири он установил наличие 54 тектонических фаз, объединенных в 8 циклов. Из этого числа на долю палеозоя приходилось 38 фаз или 5 циклов.

В дальнейшем желание придать геотектоническому методу основное значение в стратиграфии выразилось в стремлении наделять универсальностью не только крупные, но и мелкие единицы, выделяемые на его основе. Помимо орогенических и эпейрогенических движений, выделялись осцилляционные движения, проявления которых связывались с периодическим сжатием и расширением Земли и считались одновременными и однозначными повсюду.

Сами осцилляционные движения подразделялись на ряд категорий от высшей с периодами колебания в 100—200 млн. лет (по сути соответствовавшей эрам) через категории, отвечавшие по протяженности всем единицам принятой геохронологической шкалы, и до мелких категорий с периодами колебаний в несколько тысяч лет и от тысячи до сотен лет, обусловливавших ритмичность осадков и образование простой слоистости.

Однако эта идеальная геохронологическая и соответственная ей стратиграфическая шкала, построенные на геотектоническом принципе, не нашли дальнейшего подтверждения и практического применения.

Тектонические проявления не только мелкого масштаба, но и более крупного оказываются не повсеместными и не приуроченными к кратковременным фазам. Поднятия и опускания не резко сменяют друг друга в полном колебательном движении большого периода, а переключаются, наслаиваются, прерывают одно другое, пока новое направление не станет преобладающим. В ряде случаев следы тектонических проявлений маскируются гидродинамическими, физико-химическими и другими проявлениями, где имеется сходство одних и других признаков. Наконец, периодичность тектонических движений может связываться не только с сжатием и расширением Земли, а и с астрономическими причинами, и с взаимодействием внешних и внутренних причин.

Итак, как было указано в предыдущей главе, геотектонические данные играют существенную роль при определении объема и содержания стратиграфических единиц и при расчленении разрезов. Но геотектонический метод не может претендовать на универсальность в стратиграфии и на замену палеонтологического метода.

Метод сопоставления разрезов по сходству порядка напластования. Этот метод требует сравнительного сопоставления большого числа разрезов исследуемых отложений как на изучаемой, так и на прилегающих территориях.

Исходит из общего положения, что слои, чередующиеся в двух разрезах в одном и том же порядке, будут одновозрастными. Базируется на основном принципе последовательности напластования: из двух слоев осадочного происхождения нижний является более древним, кроющий — более молодым (при неза-рушенном залегании). Применяется при исследовании немых или слабо палеонтологически охарактеризованных толщ с целью расчленения и хотя бы приближенного определения их возраста. Для этого могут быть использованы материалы о возрасте покрывающих и подстилающих отложений или отдельных характерных горизонтов внутри разреза. При применении данного метода следует иметь в виду, что, несмотря на формулировку общего положения, в одной части какой-либо провинции не обязательно будет такая же последовательность напластования, как в другой части и тем более в другой провинции.

Сопоставление на основе стратиграфической непрерывности пластов. При этом прослеживается в разных разрезах на определенной площади непрерывность одного или нескольких пластов одинакового характера, которые принимаются за маркирующий горизонт, а прилегающие к нему в кровле и подошве отложения соответственно сопоставляются друг с другом. В данном случае требуется не меньшая, если не большая осторожность, чем в первом.

Сопоставление на основе стратиграфических перерывов. Исходит из представления о том, что отложения, заключенные между сходными стратиграфическими перерывами, должны быть одновозрастными. Однако к этому методу следует относиться с еще большей осторожностью, так как часто нелегко установить и сами перерывы. В случае совпадения их с границами размыва, с ясно выраженными тектоническими контактами (особенно при угловых несогласиях), фиксирование их сравнительно просто. При выпадении отдельных стратиграфических горизонтов на фоне отсутствия явных следов перерывов (что может быть определено по палеонтологическим данным) установление последних затруднительно. Еще более трудно установить в разных разрезах однозначность соответственных перерывов, которые ограничивают толщи, подлежащие сопоставлению.

Подгруппа палеогеографических методов

Метод циклического анализа. Этот метод близок к геотектоническому и по сути представляет дальнейшее его развитие. В основу расчленения осадочных толщ кладется понятие об оса-

дочном или седиментационном цикле, а история осадкообразования рассматривается как смена осадочных циклов, разделенных перерывами в осадконакоплении. Так, один из приверженцев этого метода Морис Жинъю (1952) считает, что «вся серия морских отложений, которая в определенном районе заключена между двумя регрессиями, составляет осадочный цикл». Начинается он всегда прибрежными мелководными отложениями, соответствующими приходу моря (обычно начало трансгрессии отмечается базальным конгломератом). Затем идут более глубоководные отложения, знаменующие максимум трансгрессии, которые сменяются снова прибрежными отложениями, отвечающими уже началу регрессии. Полная история осадкообразования в каком-либо районе представляет ряд эпизодов, разделенных перерывами или континентальными отложениями. Эти представления Жинъю использует для стратиграфических построений.

В центральных частях морских бассейнов наблюдаются, согласно его представлениям, мощные и однообразные отложения без резкого изменения фаций.

В окраинных частях, где проявляются трансгрессии и регрессии, по перерывам в осадконакоплении, по резкому изменению фаций, по присутствию остатков богатой органической жизни можно выделять детальные литологические и палеонтологические подразделения. Таким образом, здесь можно выделять осадочные циклы, и не удивительно, что многие установленные ярусы, издавна различавшиеся по литологическим признакам, отвечают осадочным циклам. Ярусы, соответствующие осадочным циклам, Жинъю называет палеогеографически установленными, или палеогеографическими, ярусами. Значение их тем большее, чем на более обширной площади выделяются соответствующие им осадочные циклы.

В противоположность представителям диастрофического метода, в частности наиболее близкому к данным воззрениям А. Грабау, Жинъю признает не все трансгрессии и регрессии всеобщими и одновременными. Он говорит о таковых, связанных с единым изменением уровня моря или уровня мирового океана (с эвстатическими движениями), которые могут обуславливать циклы широкого пространственного протяжения, и о трансгрессиях и регрессиях местных, связанных с относительным перемещением континентальных массивов. Местным этапам отвечает ряд местных ярусов или свит, которые могут получать возрастную характеристику и сопоставляться только на основании палеонтологических данных. Каждый палеогеографический ярус, выделенный как осадочный цикл, должен иметь и свою собственную палеонтологическую характеристику, так как в начале каждого осадочного цикла происходит общее обновление фауны. «Палеогеографические ярусы», по Жинъю, обыч-

П а л е о г е н о в а я										Система
Н и ж н и й (палеоцен)					С р е д н и й (эоцен)			Верхний (олиго- цен)	Отдел	
Ни- ж- ний	Верхний				Н и ж н и й		Средний	Верх- ний	Ни- ж- ний	Подот- дел
С ы з р а н с к а я		—			—		—	Киев- ская	Май- коп- ская (низы)	Серия, подсерия
Нижне- сызран.	Верхнесызранская									
Нижнесызранский	Верхнесызранский		Камышинский	Каневский		Бучакский	Белоглинский Куческий Керестинский	Хадумский	Горизонт	
—	Воль- ские	Саратов- ские	—	Пролейские	Царицынские	—	—	—	Слои	

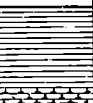
Сводная колонка	Мощность	Краткая литологическая характеристика горизонтов и слоев	Циклы седиментации		
	38-40м	Глины тонкослоистые, в нижней части известковистые	Олигоценный (начало)		
	10-12м	Мергели с прослоями известковистых глин и алевроитов	Вернезочный		
	4-5м	Глины тонкослоистые			
	3-5м	Глины известковистые, мергели			
	20-30м до 101м	Песчано-алевритовая толща, в нижней части прослой песчинок (в опущенном крыле сброса на левобережье Волги у Волгограда)	Среднезочный		
	до 30м	Прослой песков белых, кисловатых с нижнезочным комплексом моллюсков	Нижнезочный	Царицынский	
	10-15м	Песчано-алевритовая толща, сменяемая внизу алевролитами			
	35-40м	Переслаивание алевролитов и аргиллитов		Пролейский	
	35-40м	Пески, в средней части переслаивающиеся с песчаниками. В основании песчанистые опоки	Палеоценовый		
	10-25м	Прослой светлых косослоистых песков с обильными флористическими остатками			
	15-24м	Переслаивание песков и песчаников			
	0-20м	Переслаивание аргиллитов и алевролитов, местами опоки			
	20-30м до 50м	Песчано-алевритовая толща, включающая крупные конкреции известковистого песчаника - "краски" с верхнепалеоценовым комплексом моллюсков (в опущенном крыле сброса)	Сызранский		
	10-70м	Переслаивание опоковидных песчаников и песков. В кровле банки с <i>Gryphaea sinzowi</i> (Netsch)			
	30-80м	Опоки крепкие, местами с трепеловидными разностями			

Рис. 4. Разрез палеогеновых отложений Волгоградского Поволжья с прослеживаемой циклической осадконакоплением

но совпадают с «палеонтологическими ярусами», а это значит, что ярус имеет всестороннюю характеристику на основе разных сторон единого исторического процесса развития Земли. А метод циклического анализа в такой трактовке выглядит во многом как метод комплексный.

Интересная цикличность в процессе осадконакопления наблюдается, например, в разрезе палеогеновых отложений Поволжья к северу от Волгограда, что было отмечено еще А. Д. Архангельским (1928) и сыграло свою роль при обосновании стратиграфического расчленения (рис. 4). Здесь наиболее полно выделяются палеоценовый, нижнеоценовый и среднеоценовый циклы (последний менее четок). Каждый этап начинается относительно глубоководными опоковыми отложениями и заканчивается косослоистыми песками прибрежного типа. Палеоценовый цикл подразделяется на два подцикла: сызранский и камышинский, а нижнеоценовый — на пролейский и царичинский.

Метод циклического анализа нашел широкое применение при изучении ритмически построенных толщ, отражающих в своем строении явление периодичности тектонических движений. К таким толщам относятся, например, флишевые, методика изучения которых у нас разработана Н. Б. Вассоевичем (1948 а).

Флишевые толщи представляют относительно мощные, своеобразно ритмично-слоистые морские отложения, бедные цельными остатками макроископаемых и обогащенные специфическими «следами жизни». Ритмичность флиша выражается в закономерной смене по вертикали ограниченного числа основных типов пород, образующих определенные сочетания — ритмы, мощность которых в среднем измеряется сантиметрами и дециметрами, но может достигать и нескольких метров.

Закономерный порядок залегания пород внутри ритма позволяет разбить его на несколько категорий, представляющих элементы и подэлементы ритма. В полных ритмах выделяются три элемента ритма: первый, представленный зернистыми породами, второй — пелитовыми или пелитоморфными известковыми и третий — аналогичными, но некарбонатными. Элементы ритма могут делиться на два или три подэлемента.

Флишевый ритм отвечает определенному этапу в процессе седиментации, представляя наименьший цикл осадочной дифференциации, и поэтому является основной единицей стратиграфического расчленения флиша. Сопоставление разрезов флиша хорошо проводится по ритмограммам, на которых через равные интервалы, перпендикулярно к вертикальной линии разреза, снизу вверх в выбранном масштабе откладываются мощности элементов ритма. Концы отрезков для каждого элемента и подэлемента ритма соединяются линиями, образующими пики, среди которых можно выделить маркирующие пики и характерные

сочетания пик. При корреляции, после установления соответствия опорных пик в сравниваемых разрезах, производится синхронизация заключенных между ними менее выдающихся пик. По ритмограммам проводится точная корреляция ритмов и их элементов в разрезах флишевых отложений, удаленных на километры и даже десятки километров.

Важно отметить, что Н. Б. Вассоевич доказал выдержанность в пространстве большинства слоев флиша и показал исключительное значение метода сопоставления ритмограмм для разработки сверхдетальных стратиграфических шкал флишевых отложений в небольших районах. Но им же была показана необходимость сочетания этого метода с другими и указано значение палеонтологического изучения флиша (1948).

Очень широкое распространение метод циклического анализа приобрел также в угольной геологии. Так как в чередовании пород угленосных толщ, накопившихся в параллельных бассейнах, выявляется определенная правильность и повторяемость, их можно разбить на ряд комплексов, включающих угольные пласты. Эти комплексы сложены в нижней, подугольной, части континентальными отложениями, а в верхней, надугольной, — морскими. Геологи-угольщики такие комплексы называли циклами и связывали их образование с периодичностью тектонических движений (с поднятиями и опусканиями суши). На каждый цикл, по их представлениям, приходилось одно опускание и одно поднятие, которое часто обуславливает наличие следов размыва в основании циклов.

При исследовании циклов осадконакопления был широко использован гранулометрический анализ, но увлечение выделением гранулометрических циклов в ряде случаев приводило к неверным выводам. Периодичность в осадконакоплении определяется не только колебательными вертикальными движениями и не одними тектоническими причинами, но зависит от целого ряда физико-географических факторов. Увлечение одной геотектонической стороной в работах геологов-угольщиков не выявляло своеобразия отдельных циклов. Метод циклического анализа должен обязательно сопровождаться и изучением фациального изменения циклов в пространстве и биостратиграфическими исследованиями, подчеркивающими своеобразие каждого цикла.

Палеогидрологический метод. Предложен этот метод в 1948 г. Б. П. Жиженко, обратившим внимание на то, что отложения, образовавшиеся в сходных гидрологических условиях в пределах отдельного замкнутого бассейна, могут считаться одновозрастными. Применение этого общего положения на практике требует, однако, такой же осторожности, как и применение общих положений иных, ранее рассмотренных методов.

Наиболее важными являются элементы статической гидрологии, среди которых выделяются соленость, степень насыщенно-

сти вод кислородом и углекислым газом, величина концентрации водородных ионов (рН) и др. Важно также выяснять изменения температуры, влияющей на ход физико-химических процессов. Элементы этой группы могут прослеживаться на больших площадях (за исключением части прибрежной зоны). Их изменения во времени, связанные со значительными изменениями общих физико-географических условий в течение геологической истории бассейна, будут одновременными для его разных частей. Заключенные между наметившимися по сходным изменениям рубежами геохимические комплексы и горизонты можно считать, таким образом, одновозрастными для разных разрезов одного бассейна. При сопоставлении разрезов, принадлежащих разным бассейнам, основываться на сходстве гидрологических условий затруднительно.

Гидрологические условия восстанавливаются как на основании специальных литологических и геохимических исследований (например, по микроструктуре глин, которая может быть различной при образовании их в обстановке различной солености), так и на основании изучения объектов органического мира. Важно отметить, что для этих целей используются и такие органические комплексы, по которым нельзя сделать заключений о геологическом возрасте вмещающих отложений. Например, фаунистические комплексы плохой сохранности, не позволяющей произвести видовые определения, могут помочь осветить температурные условия и степень солености бассейна при изучении их родового состава. Разные органические комплексы, принадлежащие, например, даже разным типам и встреченные в разных частях бассейна, каждый в отдельности могут свидетельствовать о сходной гидрологической обстановке. А изменения этих комплексов по разрезу, сами по себе отличные, но характеризующие в том и другом случае сходное изменение внешних факторов, дадут основные рубежи, используемые затем при корреляции. Комплекс рыб и комплекс фораминифер, например, прямо не сопоставимы, но тот и другой по своему характеру могут говорить об определенных гидрологических условиях, в которых эти комплексы развивались. И хотя они непосредственно не сравнимы, условия, которые восстанавливаются по их характеру, могут оказаться сопоставимыми. Таким образом, в ряде случаев по разным комплексам можно увязать разрезы мелководных и более глубоководных частей ископаемого бассейна.

Недостатком палеогидрологического метода является пока то, что он может найти применение только там, где палеогидрологические условия резко менялись в течение исследуемого интервала геологического времени. Наиболее точно восстанавливаются соленость и температура. В практических работах для крымско-кавказской области фиксировались колебания солено-

сти в пределах от 5 до 10% (т. е., если нормальная соленость равна в среднем 25‰, то, значит, улавливались колебания от 2,5‰ и более). Точность фиксируемых изменений температуры равнялась 10°C.

Осложняет применение данного метода наличие палеорек, впадавших в морской бассейн (отличные гидрологические условия в приустьевых частях), морских течений (изменение физико-химической обстановки во внутренних частях бассейна), зарослей водорослей, а также изменение глубин, конфигурации берегов и т. п., что иногда обуславливает местные отклонения, затрудняющие проводимую корреляцию.

Палеоклиматологический метод. Палеоклиматологический метод основывается на подмеченной уже давно периодичности в изменении климата, которая наблюдается не только в современную нам эпоху, но и фиксируется в геологической истории Земли. Климатические колебания универсального характера связаны, в основном, с космическими причинами. К ним относятся периодические изменения эксцентриситета земной орбиты (а отсюда и изменения солнечной радиации), изменения наклона эклиптики и т. д. На изменения климата могут влиять и геотектонические процессы, но для целей стратиграфии наиболее важными будут климатические изменения (запечатленные в отложениях), которые связаны с космическими причинами. Эти изменения приобретают планетарный характер или проявляются на обширных площадях. В масштабе геологического времени они являются одновременными и, следовательно, принципиально пригодными для целей синхронизации и корреляции.

Палеоклиматологический метод до сих пор встречает, однако, значительные затруднения в своем применении, так как еще не научились различать тонкие признаки климатических изменений в породах. Иногда широкое развитие определенных типов отложений говорит о соответственной климатической обстановке. Так, значительное развитие доломитов, гипсов, ангидритов, калиевых и натриевых солей, а в некоторых случаях мощных толщ красноцветов, указывает на сухой климат во время их формирования. Об этом же может свидетельствовать большое распространение пролювиальных и эоловых образований. На влажный климат указывает широкое развитие коры выветривания, угленосных толщ и т. п.

По характеру отложений наиболее легко устанавливаются крупные климатические изменения, дающие возможность широкой корреляции. В этом отношении интересны следы планетарных оледенений, повторяющиеся в истории Земли с определенной периодичностью.

Ценные указания о характере климата можно получить, изучая состав фаунистических и флористических комплексов. Однако чем древнее отложения, тем менее достоверными могут

оказаться выводы. Необходимо отметить, что по остаткам определенных флористических комплексов можно восстанавливать климатическую зональность для отдельных периодов. Например, в каменноугольном периоде намечаются две зоны умеренного климата (тунгусская и гондванская) и зона тропического (вестфальская). Об этом же иногда можно судить по представителям фауны. Так, в юрском и меловом периодах в северном полушарии выделяется средиземноморский пояс (характеризующийся широким распространением кораллов, морских ежей, толстостенных двустворчатых и брюхоногих моллюсков, определенных групп аммонитов) и бореальный. В последнем почти полностью отсутствуют или очень редки представители средиземноморского пояса. Аммониты относятся к другим семействам и родам, среди двустворчатых выделяются ауцеллы и птерини, разнообразно представлены белемниты.

Важно подчеркнуть, что палеоклиматологический метод может играть существенную роль в комплексном палеогеографическом методе, о чем будет сказано ниже, а также применяться для решения отдельных конкретных стратиграфических задач.

Иногда в двух соседних, но изолированных благодаря некоторым физико-географическим преградам, районах сама климатическая обстановка является отличной, но оптимальные климатические условия будут там и тут приходиться на определенный временной интервал. Тогда разрезы, отражающие эти оптимальные условия, могут быть сопоставлены друг с другом (например, среднеэоценовые отложения в палеогеновом разрезе Северного Кавказа и Армении).

Однако помимо установления качественных климатических изменений в геологическом прошлом, теперь имеется метод, позволяющий восстанавливать температуру вод древних морских бассейнов. Это **метод изотопной термометрии**, по своей сущности относящийся к подгруппе геофизических и химических методов, рассматриваемых ниже.

Основывается он на равновесном распределении тяжелых изотопов кислорода O^{17} и O^{18} между кислородом воды и кислородом осаждающегося из нее карбоната кальция. Это распределение связано с изотопным обменом и зависит от температуры осаждения. Чем ниже температура, тем больше тяжелых изотопов содержится в углекислом кальции. Высокие температуры увеличивают скорость обмена и способствуют уравниванию изотопного состава кислорода воды и осадившегося из нее минерала. Поэтому при высоких температурах отмечается лишь незначительная изотопная дифференциация. Лабораторными исследованиями может быть найдена разность между концентрацией тяжелого изотопа кислорода минерала и его концентрацией в воде. Превышение концентрации в минерале по отношению к концентрации в воде выражается в процентах или

промилях. Данная разность, однако, может учитываться только в случае достигнутого равновесия между изотопным составом кислорода обоих компонентов. Так как это равновесие достигается очень быстро у карбонатов, то лишь они пригодны для палеотермометрических определений.

При палеотермометрических определениях строится эмпирическая температурная шкала в виде графика зависимости изотопного состава кислорода углекислого кальция от температуры, с помощью которой и устанавливается температура образования исследуемых образцов по сравнению с выбранным стандартом.

Чаще всего температурные условия древних бассейнов определяются по органогенному кальциту из скелетных образований беспозвоночных. Но для этого могут быть использованы только такие формы, в кальците которых концентрация тяжелых изотопов кислорода находится в равновесии с изотопным составом кислорода воды, в которой эти формы обитают. К ним будут относиться большинство фораминифер, серпулы, брахиоподы, моллюски и др. Кораллы, иглокожие, некоторые водоросли образуют кальций, в котором содержание изотопов кислорода не находится в равновесии с соответственными изотопами водной среды.

Проведенные исследования позволили установить сезонные температуры роста у представителей некоторых групп и, таким образом, продолжительность их жизни по количеству сменяющихся друг друга сезонов (например, у белемнитов). Для этого на анализ последовательно брались пробы по всей длине роста или раковины. При взятии одной общей пробы по каждой раковине выявляются среднегодовые температуры среды, в которой обитали соответствующие органические формы. Делать же выводы о температурном режиме ископаемого бассейна можно только по комплексу органических форм, составляющих прижизненное сообщество.

Получив среднегодовые температуры обитания по органическим остаткам из послойных сборов по определенным разрезам, можно выяснить общий характер температурных изменений в соответственных интервалах геологического времени и использовать их в целях корреляции. По верхнемеловым белемнитам, например, были установлены изменения среднегодовых температур на площади, захватывающей как Западную Европу, так и юго-восточную часть США. С начала верхнемеловой эпохи здесь началось постепенное повышение температуры бассейнов, достигшее максимума в коньякский и сантонский века, после чего началось некоторое снижение температуры в кампане и маастрихте. И на Русской платформе по белемнитам отмечается понижение среднегодовых температур от кампана к маастрихту. Для нижнемелового бассейна Крыма в основном

характерна температура около 13°C , в верхнем альбе и сеномане она составляет около $18\text{--}24^{\circ}\text{C}$ и заметно снижается, начиная с сantonа.

Таким образом, восстановление палеотемператур помогает решению разных палеогеографических задач, а вместе с тем и стратиграфических вопросов.

Подгруппа литолого-минералогических методов

Входящие в эту подгруппу методы связаны со сходным изменением вещественного состава отложений в сопоставляемых разрезах. Общее положение, на котором они базируются, может быть сформулировано следующим образом: отложения с одинаковым вещественным составом, встреченные в разных разрезах, являются разновозрастными. Конечно, это положение не может применяться некритично и шаблонно без контроля по данным других методов. Иногда при распространении совершенно разных толщ, расчленение и корреляция могут проводиться исключительно этими методами в узко ограниченных районах.

Метод сравнения литологического состава. Заключается в сравнительном изучении литологических изменений по разным разрезам в пределах ограниченного района с целью выделения и сопоставления одинаковых комплексов. С него начинается любое изучение геологического разреза в поле и геологическое картирование. При прослеживании изменений литологического состава по разрезам выявляются последовательно сменяющие друг друга комплексы пород, а сопоставление сходных комплексов в разных разрезах помогает установить широту их пространственного распространения и отсюда степень стратиграфического значения данных литологических горизонтов.

Литологический состав является отражением определенных климатических, гидрологических, геотектонических, биохимических и других условий, в общем физико-географических условий в широком понимании.

Пока эти условия на данной территории остаются неизменными, остается неизменным и литологический состав формирующихся пород.

Следовательно, сохранение определенных физико-географических условий, существующих в какой-либо момент на исследуемой территории, с одной стороны, находит отражение в определенном литологическом составе осадков, с другой — требует определенного отрезка времени, в течение которого они остаются неизменными. С изменением их начинается иная, новый цикл осадконакопления.

Поэтому выделение последовательных литологических горизонтов в разрезе является вместе с тем относительным геохронологическим расчленением разреза.

Для широких сопоставлений этот метод непригоден из-за упоминавшейся уже пространственной ограниченности многих литологических признаков. Если встречаются разрезы с четкой сменой литологических комплексов и вместе с тем расчленяющиеся по палеонтологическим данным на определенные стратиграфические единицы, то они могут получить значение эталонных разрезов. Сравнивая с ними немые разрезы со сходной сменой литологических горизонтов в пределах ограниченных территорий, последние можно также более или менее достоверно расчленять на соответствующие стратиграфические единицы.

Затруднением при применении данного метода является частая фациальная изменчивость отложений в пространстве.

Кроме того, наблюдая некоторые изменения литологического состава, не всегда сразу можно определить, связаны ли они с общим изменением режима бассейна, или с изменениями на отдельных его участках, или, наконец, представляют чисто локальные изменения. Это является недостатком всех литологических методов.

Метод минералогического анализа. Этот метод получил довольно широкое распространение при расчленении и корреляции разрезов мощных немых, преимущественно континентальных, толщ. У нас он применялся на Кавказе, в бассейне Эмбы, в районе Второго Баку, в Туркмении.

В основу этого метода положено представление о том, что характер обломочных минералов, поступавших в исследуемую область в течение формирования определенных толщ, не оставался постоянным во времени. Изменения в области питания или смена самих областей питания должны были обуславливать индивидуальные особенности отдельных частей этих толщ, сформировавшихся между данными изменениями.

Расчленение и сопоставление при применении этого метода проводятся на основании изучения реликтовых минералов: могут изучаться ассоциации минералов (главным образом, тяжелая или легкая фракции); количественные соотношения минералов; характер отдельных минералов (например, степень окатанности зерен и т. п.). Иногда может определяться нерастворимый остаток и его количественные изменения по разрезу. При корреляции желательно получение эталонного разреза, разработанного на комплексной основе, с которым могли бы сравниваться уже все прочие разрезы.

Наиболее распространен метод изучения тяжелой фракции и прослеживания ее изменений по разрезу. Одним из характерных примеров является расчленение продуктивной толщи нашим известным литологом и палеогеографом В. П. Батуриным (1947). Продуктивная песчано-глинистая толща залегает на Апшеронском полуострове между понтическими и акчагыльскими отложениями. В небольшом количестве в ней встречаются прес-

новодные, плохо определяемые моллюски, так что практически она может считаться совсем немой.

Детальное изучение этой толщи помогло установить, что территория ее распространения распадается на несколько терригенно-минералогических провинций, под которыми понимаются области седиментации, охарактеризованные одним комплексом легких и тяжелых минералов и связанные с одной питающей провинцией.

В. П. Батулин установил, что в первой половине времени продуктивной толщи была сформирована цирконово-эпидотовая кабристанская провинция. Исходным материалом для этой провинции могли послужить породы, развитые поблизости на Главном Кавказском хребте, продукты разрушения которых транспортировались Палео-Курой.

К средней части времени продуктивной толщи относятся отложения дистен-ильменитовой апшеронской провинции с характерной косою слоистостью, имеющей наклон с севера на юг. Характер ее компонентов говорит за то, что исходным материалом для нее не могли послужить породы, развитые на Кавказе. Такой материал могла поставить только Русская платформа. И В. П. Батулину удалось доказать, что материал для апшеронской провинции был транспортирован сюда Палео-Волгой (подобные компоненты тяжелой фракции содержались в аллювии Волги). Следовательно, в это время вся северная часть Прикаспия представляла сушу, по которой протекала Палео-Волга, а дельта ее находилась в районе Апшеронского полуострова. Во второй половине времени продуктивной толщи сформировалась роговообманково-пироксеновая прикуринская провинция, материал для которой был снесен, в основном, с Малого Кавказа.

Интересно отметить, что проведенные в последнее время определения абсолютного возраста терригенных минералов продуктивной толщи указали на мезозойский возраст компонентов тяжелой фракции во всех терригенно-минералогических провинциях за исключением апшеронской. Возраст терригенных минералов последней — палеозойский, что может быть объяснено их транспортировкой издалека (с Русской платформы) (А. Я. Крылов и др., 1962).

Так, изучение изменений компонентов тяжелой фракции на площади и в разрезе помогло расчленить продуктивную толщу и выяснить палеогеографические условия ее формирования.

Однако изучение не только тяжелой, но и легкой фракции помогает расчленению и увязке разрезов, особенно в районах развития вулканогенных толщ. В этом случае хорошие результаты дает определение эолового вулканического продукта, который далеко разносится и потому появляется практически одновременно в разных районах. По нему можно отбивать возраст нижней границы вулканогенной толщи, если соответственные фрак-

ции пепла обнаружены в осадочных породах, включающих также комплексы ископаемых органических форм. Можно сопоставлять довольно удаленные разрезы, так как пепел разносится очень далеко. Наконец, можно сопоставлять разнофациальные отложения, так как сходные горизонты пепла могут захороняться как среди континентальных отложений, так и среди морских. Но все эти сопоставления нужно проводить осторожно, так как иногда за маркирующие одновременные можно принять разновозрастные прослои. Иногда же кажущееся первое появление пепла может оказаться приуроченным не к началу, а к максимальной фазе вулканической деятельности.

К недостаткам рассматриваемого метода нужно отнести следующие. Во-первых, некоторую пространственную ограниченность его применения. Размеры площади выдержанности коррелятивов зависят от древней геологической обстановки. Во-вторых, трудности сопоставления заключаются в том, что в пределах одной и той же терригенно-минералогической провинции изменения в характере поступающего материала, видимо, наступают не одновременно во всех частях, а перелом намечается не сразу повсюду. В одном месте может начать поступать новый материал, а в другом еще поступает и откладывается старый. В-третьих, несколько разный по минералогическому составу материал может констатироваться в более крупнозернистых породах (пески) и в более тонкозернистых (глины), если они образуются даже за счет одной питающей провинции. Это объясняется тем, что более крупнозернистые осадки будут обогащены более устойчивыми к разрушению минералами.

Подгруппа геофизических и химических методов

Методы, входящие в эту подгруппу, основываются на отдельных физических или химических свойствах пород безотносительно к условиям их образования или даже к общей характеристике. Важнейшими в практическом отношении являются геофизические методы.

Каротажный метод. Каротаж представляет собой исследование геологического разреза скважин путем измерения физических свойств горных пород, сменяющих друг друга в разрезе, или создаваемых физических полей по стволу скважины. Широко распространены электрический, магнитный, гамма (γ)-каротаж, а также другие.

Наиболее часто для целей стратиграфического расчленения и стратиграфической корреляции разрезов применяется электрокаротаж, основанный на определении удельного электрического сопротивления. В скважину опускается зонд и специальным прибором потенциометром измеряется сопротивление последовательно вскрываемых буровой скважиной пород, причем ре-

зультаты этого измерения автоматически записываются самописцем на ленте. Таким образом, получается графически оформленная каротажная диаграмма, представляющая ломаную линию, с пиками, отражающими высокие сопротивления, и седлами, отражающими сопротивления низкие.

Плотные породы, такие, как чистые известняки, кварцевые песчаники, а также сухие пески, обладают высокими сопротивлениями до 1000 *ом*, однородные глинистые породы дают низкие, ровные сопротивления порядка 10—30 *ом*.

Благодаря электрокаротажной диаграмме можно по изменению электропроводности в разрезе скважины наметить смену определенных литологических комплексов и тем самым произвести расчленение разреза. При исследовании разрезов в малоизученном районе отдельная электрокаротажная диаграмма не дает ответа на вопрос о литологическом составе пород, а только указывает на общую смену их характера на точно фиксируемых рубежах. Там, где опорный разрез изучен комплексными методами, расчленен на определенные литологические пачки и возрастные единицы, для которых получена и электрокаротажная характеристика, он может быть использован в качестве эталонного (рис. 5). Многие скважины из ближайшего района в этом случае иногда проходятся даже без отбора образцов, а расчленение и корреляция их осуществляется путем сопоставления электрокаротажных диаграмм с диаграммой эталонного разреза. Конечно, корреляция может проводиться только в том районе, где для всей площади установлена одна последовательность напластований. Этот метод является сейчас одним из важнейших методов корреляции разрезов в пределах нефтегазоносных промысловых площадей и разведочных участков, а также важным методом в комплексе стратиграфических методов при решении конкретных вопросов стратиграфии широкоразвитых и сложно построенных отложений.

Палеомагнитный метод. В последнее время начал завоевывать все большее признание палеомагнитный метод стратиграфического расчленения и стратиграфической корреляции разрезов. Он основывается на применении в стратиграфии данных палеомагнетизма — учения о геологической истории магнитного поля Земли.

Магнитное поле Земли соответствует однородному намагничиванию Земли вдоль ее оси вращения и, как сейчас установлено, изменяется в масштабе геологического времени.

Отмечается два вида его изменений, как целого: 1) шверсия поля, т. е. неоднократные и быстрые перемены знака его полярности (в одних эрах они повторяются через 250—500 тыс. лет, в других — через несколько десятков миллионов лет) и 2) медленное, направленное изменение магнитного поля Земли из-за миграции географических полюсов.

Восстановление геологической истории магнитного поля Земли, а затем и использование ее в стратиграфических целях стало возможным благодаря установлению явления естественной остаточной намагниченности горных пород.

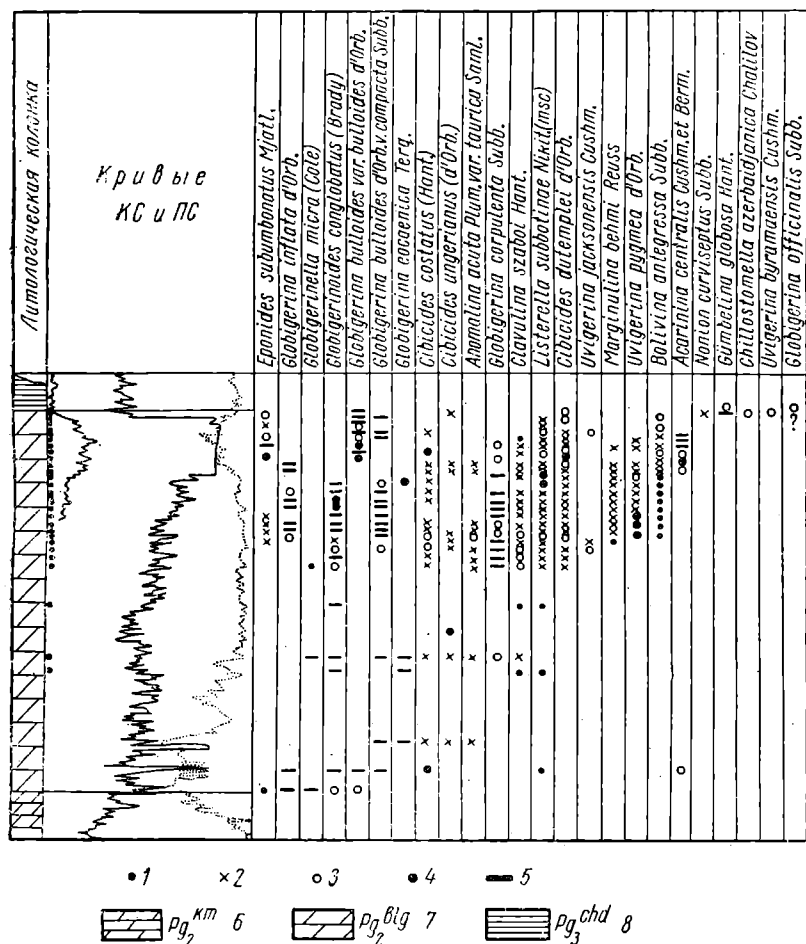


Рис. 5. Расчленение разреза Новогеоргиевской скважины К-11 по электрокаротажным и микрофаунистическим данным (Е. К. Шуцкая, 1960): 1 — единично; 2 — редко; 3 — обычно; 4 — часто; 5 — в массе; 6 — мергель кузского горизонта; 7 — мергель белоглинского горизонта; 8 — глина хадумского горизонта

Эта естественная остаточная намагниченность возникает под влиянием магнитного поля Земли в изверженных породах при их остывании и в осадочных при образовании осадка благодаря присутствию в них ферромагнитных компонентов (окислов же-

леза). Так, коллоидальные растворы магнетита и маггемита (разновидность гематита) намагничиваются в земном магнитном поле, причем каждая коллоидальная частичка ведет себя как постоянный магнит.

Во многих случаях естественная остаточная намагниченность сохраняется до наших дней. Установлено, что смятие в складки не изменяет первоначального направления намагниченности в отдельных кусках породы. Только значительное температурное воздействие и химическая метаморфизация могут затушевать ее в ряде осадочных пород.

Палеомагнитный метод был предложен у нас в 1947 г. В. И. Поповым как метод региональной относительной корреляции изверженных образований по вектору естественной остаточной намагниченности, измеряемому на специальном приборе магнитометре в ориентированных образцах. Затем его распространили и на осадочные толщи. Убедительное доказательство обращений магнитного поля Земли в геологическом прошлом приведено Хосперсом (1954—1955), а общее представление о движении полюсов — в работах Панкорна, Грахама, Доула (1955—1956).

При изучении базальтовых потоков Исландии, а также ленточных глин было установлено, что после раннего плейстоцена все более молодые породы намагничены нормально. Это свидетельствует о совпадении среднего положения магнитных полюсов с географическими полюсами. У более древних пород отмечается ритмическое чередование нормально и обратно намагниченных зон (например, в разрезах лавовых потоков Исландии), указывающее на инверсию полюсов, что Хосперсом было предложено использовать для расчленения и корреляции разрезов вулканогенных образований по естественной остаточной намагниченности.

Итак, относительно частые инверсии магнитного поля в определенные эры могут дать основу для местной корреляции разрезов. Особенно благоприятен этот метод для толщ красноцветов и базальтовых потоков.

С другой стороны, учитывая медленное направленное изменение магнитного поля Земли из-за миграции географических полюсов, можно вычислить положение северного полюса для разных стадий геологической истории по естественной остаточной намагниченности заведомо относящихся к ним пород и показать пути его миграции. Упомянутые выше американские исследователи считают, что в докембрии северный полюс двигался от южной части Северной Америки к Гавайским островам, в раннем палеозое располагался в низких широтах, приближаясь к тихоокеанскому побережью Азии. Затем он начал смещаться к северу и в меловом периоде оказался уже в пределах Северного Ледовитого океана. При этом в разные эры скорость перемещения полюса была неодинакова.

Значит, по естественной остаточной намагниченности, определяя склонение и наклонение магнитного поля времени образования породы в данной точке на ориентированных образцах, в принципе можно решать и обратную, очень важную для стратиграфии задачу: получать координаты полюсов и по их положению относить исследуемую породу к тому или иному периоду. А затем уже можно перейти и к корреляции разрезов при помощи этого метода.

Некоторые его сторонники считают, что при усовершенствовании методики исследований планетарный характер крупных изменений магнитного поля Земли может дать метод строго возрастной и планетарной корреляции вулканогенных и осадочных толщ, позволяя выявлять синхронные в строгом смысле этого слова события геологической истории.

Люминесцентно-битуминологический метод. При этом методе используется способность растворов нефти и нефтяных битумов в нелюминесцирующих растворителях люминесцировать в ультрафиолетовых лучах.

По интенсивности люминесценции выводятся определенные показатели, которые могут сопоставляться друг с другом. Оказывается, что отдельные стратиграфические подразделения, выделяемые в мощных однообразных глинистых толщах нефтеносных районов, имеют свою особую люминесцентно-битуминологическую характеристику, позволяющую проводить корреляцию разрезов. Например, майкопская серия Предкавказья хорошо расчленяется этим методом. Однако он не может применяться для сопоставлений на больших площадях, так как геохимические условия формирования осадков часто бывают пространственно не выдержанными.

Радиологический метод. В настоящее время имеется довольно разнообразная группа конкретных методов установления абсолютного возраста горных пород по данным о содержании в определенных минералах радиоактивных элементов и радиогенных продуктов их распада. Если известна скорость распада радиоактивного элемента, которая в термодинамических условиях Земли всегда остается постоянной, то по любой паре радиоактивного и радиогенного устойчивого изотопа можно получить абсолютный возраст включающего их минерала. Этот возраст соответствует времени, протекающему от момента окончательного оформления минерала как замкнутой системы до настоящего момента. Так как минералы в породе парагенетически связаны друг с другом, то по их возрасту определяется возраст породы в целом, а затем последовательно можно подойти к возрасту толщ и стратиграфических единиц и, наконец, к возрасту Земли.

Пока еще не представляется возможным окончательно увязать абсолютное летоисчисление со стратиграфическими подраз-

делениями. Чем они мельче, тем менее определено их положение в шкале абсолютной геохронологии. Наиболее приемлемым может считаться определение абсолютного возраста для таких крупных единиц, как группы и системы.

Вместе с тем радиологические методы имеют важное преимущество перед остальными, заключающееся в том, что они открывают возможность количественного изучения геологических процессов прошлого и тем самым выяснения новых закономерностей в развитии земной коры. Количественное изучение ее тектонической эволюции, с которой тесно связаны магматические процессы и процессы осадконакопления, а также скорости развития различных групп органического мира прошлого, даст ценный материал и послужит уточнению характеристики выделяемых естественных этапов в историко-геологическом развитии Земли.

В стратиграфии эти методы должны применяться в комплексе со всеми остальными методами.

К недостаткам радиологических методов нужно отнести пока еще малую точность определяемых возрастных величин. Так, точность определения возраста нижней границы для периодов раннего палеозоя колеблется в пределах ± 15 —20 млн. лет, позднего палеозоя — ± 10 млн. лет, мезозоя — ± 5 —10 млн. лет, кайнозоя — ± 2 —4 млн. лет. Точность определения нижней границы плиоцена приблизительно равняется продолжительности всего антропогенного периода (± 1 млн. лет).

БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЛЕНЕНИЯ И КОРРЕЛЯЦИИ
РАЗРЕЗОВЭволюционное развитие органического мира — основа
биостратиграфического анализа

В предыдущей главе при изложении общей характеристики группы биологических методов в стратиграфии подчеркивалось, что в основу их положен принцип последовательной смены фаунистических и флористических комплексов, базирующийся на историческом развитии органического мира. Главное же преимущество биостратиграфических методов заключается в хорошо прослеживаемой на палеонтологическом материале необратимости эволюции, оттеняющей своеобразие каждого из пройденных этапов в истории Земли.

Эволюционное развитие отдельных органических групп, входящих в состав характерных комплексов из последовательно сменяющих друг друга стратиграфических подразделений, тесно связано с изменениями среды обитания. Эти изменения фиксируются органическими формами путем изменения своей наследственной основы. Они дают толчок новому формообразованию и являются главными факторами эволюции органического мира. Таким образом, эволюция представляет непрерывный процесс приспособления органических групп к изменяющимся условиям среды.

Развитие органического мира зависит в первую очередь от изменений физико-географической обстановки, хотя определяется не только ими, а и специфическими биологическими законами. Характер среды обуславливает и в значительной мере направляет ход эволюционного развития. Темпы эволюции в каждом конкретном случае находятся в зависимости от изменений внешней среды.

Связь изменения органического мира с изменениями среды обитания была частично теоретически обоснована еще в прошлом столетии законом адаптивной радиации Ковалевского — Осборна. В. О. Ковалевский в 1873—1875 гг. на конкретном мате-

риале показал радиальное расхождение родословных линий копытных от их общего «первичного» предка, дав представление об адаптивной радиации линий копытных.

Изучение на палеонтологическом материале последовательных изменений в строении представителей органических групп, а также характера и истории их приспособлений к изменяющимся условиям окружающей среды дает основу для решения стратиграфических задач. Восстанавливая особенности самой среды, фиксируя наиболее резкие переломные моменты в ее изменении и в развитии органических групп, можно расчленять разрезы, а сопоставляя сходные этапы в развитии удаленных областей и населявших их фаун и флор, проводить корреляцию соответственных разрезов. Особенно заметными будут рубежи, отмечаемые началом интенсивной адаптивной радиации многих органических групп.

Конкретные биостратиграфические методы тоже разнообразны, но для удобства рассмотрения могут быть разделены на несколько подгрупп. В каждом из методов то более скрыто, то более явно выступает его связь с эволюционным развитием органического мира. Наиболее четко она выделяется, естественно, в подгруппе эволюционных методов, основывающихся на уровне эволюционного развития определенных органических групп при расчленении отложений и на сходных стадиях этого развития при корреляции разрезов.

В методе, основанном на выделении руководящих комплексов, связь его с эволюционным развитием фаун и флор достаточно ясна, хотя классическим случаем применения данного метода является зональное деление, предложенное еще до появления теории Дарвина.

Менее четко рассматриваемая связь ощущается в методе руководящих ископаемых, особенно на самых ранних стадиях его применения, когда в естествознании господствовали метафизические взгляды. Однако зачастую эмпирически установленные руководящие формы, принадлежавшие представителям одной группы и характеризовавшие сменяющие друг друга отложения в разрезе, оказывались наиболее характерными представителями последовательных стадий эволюционного развития данной группы, хотя в свое время это и не было осознано.

Подгруппа палеоэкологических методов также тесно связана с эволюционным развитием органического мира, так как палеоэкология изучает изменение организмов в связи с изменением среды их обитания. Только при применении данных методов для очень дробного расчленения разрезов на ограниченной территории эта связь выступает не так четко, поскольку исследуемые интервалы соответствуют столь небольшим промежуткам геологического времени, за которые не могли произойти ощутимые изменения в эволюции органических групп.

Наконец, комплексный палеогеографический метод, хотя и выходящий за рамки чисто биостратиграфических методов, имеет все же в своей основе в первую очередь эволюционное развитие органического мира, которое рассматривается на фоне эволюционного развития окружающей его среды.

Подгруппа методов расчленения и корреляции разрезов по руководящим формам и руководящим комплексам

При биостратиграфическом анализе ископаемого органического комплекса, принадлежащего той или иной стратиграфической единице, в принципе могут быть встречены следующие элементы.

Во-первых, формы, принадлежащие исключительно данной единице. Они будут отвечать понятию руководящих ископаемых, и по ним, в случае их нахождения, лучше всего выделяется данная единица.

Во-вторых, формы, общее распространение которых выходит за пределы данной стратиграфической единицы, но наибольшее распространение приурочено именно к ней. Обычно они появляются в подстилающих отложениях, на данную стратиграфическую единицу приходится их расцвет, в более молодых отложениях фиксируется постепенное вымирание. Такие формы, называемые еще характерными, имеют тоже важное значение для стратиграфических выводов. Мало развитые при формировании подстилающих и покрывающих отложений, они обычно очень редко встречаются в них в ископаемом состоянии. Массовое же появление таких форм может указывать только на данную единицу.

В-третьих, формы, впервые встречающиеся в данной стратиграфической единице и продолжающиеся в последующих. Значение этих форм важно в том отношении, что по ним может хорошо отбиваться нижняя граница включающих их толщ (отложения не древнее данной стратиграфической единицы).

В-четвертых, формы, заканчивающие свое существование в пределах данной единицы. Они иногда могут уточнять верхнюю границу исследуемых толщ (не моложе данной стратиграфической единицы). Но значение их меньшее, чем у предыдущих, так как процесс вымирания бывает очень растянутым, а в виде реликтов эти формы изредка могут попадаться и в более высоких горизонтах.

В-пятых, формы широкого вертикального распространения, без существенных изменений проходящие подстилающие единицы, данную единицу и уходящие в более молодые. У этих форм, именуемых также транзитными, будет наименьшее биостратиграфическое значение. Но иногда на отдельных стратиграфических уровнях они дают характерные, исключительно свойственные

данным уровням сочетания с другими более или менее широко распространенными группами. И тогда биостратиграфическое значение их возрастает.

Таким образом, все рассмотренные элементы ископаемого комплекса не равноценны по своему биостратиграфическому значению. Наибольшим обладают представители первой и второй групп. Но и остальные, особенно в определенных сочетаниях друг с другом, в конкретных случаях могут обладать немалой ценностью.

Метод руководящих форм. Расчленение и сопоставление разрезов по руководящим ископаемым явилось наиболее ранней формой применения палеонтологического метода в стратиграфии, хотя сам термин «руководящие ископаемые» был введен только в 90-х годах прошлого столетия М. Семпером.

По характерным ископаемым различал отдельные толщи В. Смит. Для д'Орбиньи и его последователей-катастрофистов все формы, принадлежащие какому-либо ярусу, должны были по смыслу являться руководящими, так как, согласно их представлениям, они не могли встречаться ни ниже, ни выше в составе комплексов, созданных иными актами творения. Но свое обоснование метод руководящих форм получил в середине прошлого века у Г. Бронна при изложении им палеонтологической характеристики выделенных к тому времени стратиграфических подразделений. Бронном было указано, что многие виды не вымирают на границах смежных формаций, а переходят из одной в другую, что сыграло роль в борьбе с воззрениями катастрофистов и было подтверждено эволюционным учением. Однако наряду с видами, существующими длительное время, встречаются виды, распространенные только в пределах одного стратиграфического подразделения, наиболее четко его характеризующие. Бронн на основании введенного им представления об этих «отличительных» видах дал палеонтологическую характеристику для каждой формации, приведя списки и описания таких форм.

Каким требованиям должно было удовлетворять понятие руководящей формы? Первым условием являлось наиболее короткое вертикальное распространение. Вторым — большое при этом, а иногда и универсальное, горизонтальное распространение. Третье условие — наличие характерной формы и прочих морфологических признаков, так как если ископаемое не будет легко выделяться, а определение вида окажется сложным и затруднительным, то его руководящее значение сильно снизится или исчезнет. Четвертое — большая частота встречаемости, большое количественное представительство и способность сохраняться в ископаемом состоянии. Если формы, удовлетворяющие всем трем предыдущим требованиям, будут встречаться очень редко, да еще плохо сохраняться, то их руководящее значение окажется практически ничтожным.

Также считалось (например, А. Н. Мазаровичем), что в понятие руководящей формы должна входить независимость ее от фациальной обстановки. Однако это уже несколько чрезмерное требование, так как в большинстве случаев организмы приурочены к каким-то определенным фациальным условиям. Конечно, комплексы эврипичные, встречающиеся в разных фациальных обстановках, для стратиграфии будут иметь большее значение, чем стенопичные, т. е. приуроченные к одной фациальной обстановке. Но некоторые эврипичные фауны бывают или стено-термными, или стеногалинными, что придает их стратиграфическому значению известную ограниченность, так как более или менее существенные изменения температуры или солености могут привести к их исчезновению из ряда фаций на данной территории. С другой стороны, эврипичным видам, распространенным в разнообразных фациях, присуща наибольшая биологическая пластичность. Вследствие своей широкой приспособляемости они часто обладают длительным периодом существования и потому не могут соответствовать понятию руководящих.

Итак, в течение долгого времени сопоставление разрезов на основе метода руководящих форм считалось не только главной, но почти единственной формой корреляции, связанной с применением палеонтологических данных. Суть этого метода свелась к тому, что из более или менее многообразного в видовом отношении ископаемого органического комплекса, характерного для определенной стратиграфической единицы в ее стратотипическом и близком к нему разрезах, выбирались одна или несколько наиболее приметных характерных форм, которые затем становились почти единственными индикаторами данной единицы при установлении ее в других регионах. По смене руководящих форм в вертикальном разрезе велось расчленение его на соответствующие стратиграфические подразделения. При сопоставлении разрезов данная стратиграфическая единица выделялась в сравниваемых только по наличию соответственных руководящих форм без учета остальных компонентов органического комплекса и характера вмещающих отложений.

Понятие о руководящих формах сложилось исторически на материале Западной Европы и отражало господствовавший в свое время метафизический подход к изучению палеонтологических объектов. Отдельные ископаемые виды изучались в отрыве от включавшего их органического комплекса, без выяснения их образа жизни, фациальной приуроченности, закономерностей пространственного распространения, индивидуальной изменчивости и т. д., т. е. как неподвижные статические категории. Отсутствие глубокого изучения имевшегося материала и недостаточность сведений о материале с обширных, еще мало исследованных территорий, обусловили в то время очень широкое понимание объема вида. Это в общих чертах позволяло датировать и

сопоставлять отложения на значительно удаленных друг от друга территориях. Конечно, точность таких сопоставлений была очень относительной.

Для своего времени метод руководящих ископаемых был прогрессивным. Он отличался простотой, убедительностью своей основной идеи, которая, как указывалось, исходила из широкого понимания объема вида. Тогда многие родственные виды принимались за один, что обеспечивало некоторое практическое удобство, так как при этом сопоставлялись многие удаленные разрезы, даже в пределах разных континентов. В первом приближении они увязывались, а более сложные стратиграфические взаимоотношения между данными разрезами были вскрыты гораздо позже.

Применение палеонтологического метода в его первой форме не только обусловило крупные успехи стратиграфии и появления биостратиграфии, но и дало большой толчок к изучению палеонтологического материала и созданию крупных монографий, особенно по палеозоологии беспозвоночных, таких как «Mineral Conchology» Соверби, «Paléontologie Française» д'Орбиньи, «Petrefacta Germaniae» Гольдфуса и др. В свою очередь глубокое изучение палеонтологических объектов благотворно сказывалось на дальнейших успехах биостратиграфии.

Развенчание и критика значения руководящих форм в стратиграфии начались еще в прошлом столетии. Так, И. Вальтер указал на основные ошибки при упрощенном использовании палеонтологического метода. Во-первых, неверно полагать, чтобы одновременно образовавшиеся морские осадки прошлого всюду содержали один и тот же вид, поскольку и сейчас нет видов, которые бы прослеживались повсеместно во всех морях или на всех континентах. Значит, и в прошлом на разных участках одновременные отложения могли содержать разные формы. Во-вторых, неверен постулат равенства продолжительности жизни вида на разных территориях, и отсюда неверно установление подошвы какого-либо стратиграфического горизонта в разных и особенно удаленных районах по первому появлению руководящей формы, а кровли — по ее исчезновению.

А. А. Иностранцев отмечал, что универсальность руководящих форм вступает в грубое противоречие с самыми обыкновенными фактами. Наряду с географическим ареалом каждый вид требует определенных благоприятных условий внутри его пределов. Почему же считать, что в прошлом какой-либо один руководящий вид брахиопод занимал, например, в карбоновом бассейне все участки от глубокого моря до берега?

Постепенно выяснилось несоответствие действительности представления об очень широком географическом распространении известных руководящих ископаемых и очень жестких рамках их вертикального диапазона. А шаблонное, некритичное

применение этого метода стало приводить к существенным ошибкам на практике.

Так, например, *Ervillia dissita* (Eichw.) считалась руководящим видом нижнего сармата в Понто-Каспийской области. Последующее обнаружение ее в низах криптоактровых слоев Центрального Предкавказья явилось основанием для некоторых ученых к автоматическому перенесению включавших ее отложений из среднего сармата в нижний сармат. Затем оказалось, что эта форма встречается в среднесарматских отложениях в виде реликта. Метод же определения возраста по одному виду не стимулировал глубокого изучения материала и анализа причин появления более древней формы в более молодых слоях.

С течением времени пришлось пересмотреть значение руководящих ископаемых как универсальных показателей геологического времени. И действительно, построенное на метафизических позициях, это представление оказалось бессильным при раскрывающейся картине все более сложного геологического строения обширных территорий земного шара.

Постепенно накапливавшийся палеонтологический фактический материал привел к представлению о том, что прежде существовало очень широкое понимание вида. В пределах же отдельных регионов распространены близкие, но все же отличные виды. Обширные ареалы распространения прежних, широко понимаемых видов распались на ряд ареалов выделенных из них новых, более узких видов, а ареалы последних в свою очередь распались на ареалы отдельных подвидов.

Изучение тесной связи организмов и условий их существования выявило приуроченность отдельных видов к конкретным фациальным обстановкам на определенных участках в пределах их общего ареала распространения. При этом характер распространения видов может оказаться более зависимым от фациальных условий, чем от возраста. Иногда родственные группы организмов замещают друг друга в различных фациях, не смешиваясь между собою.

Приуроченность представителей отдельных органических групп к определенным внешним условиям бывает столь постоянной и характерной, что они в течение долгих промежутков геологической истории характеризуют приблизительно одну и ту же физико-географическую обстановку. По этим представителям можно судить об условиях существования всей фауны в части бассейна, где они распространены. Поэтому помимо форм «стратиграфически руководящих», т. е. указывающих более или менее точно возрастную принадлежность вмещающих отложений. Г. Ф. Мирчинк (1935) предложил различать «биономически руководящие» формы. Такими формами, например, являются некоторые представители кораллов, в первую очередь определенно указывающие на фациальные условия во время формирования

соответствующих отложений. Однако резкого противопоставления стратиграфически и бионимически руководящих форм делать нельзя, так как первые также тесно связаны с окружающей средой и изменяются в зависимости от ее изменений. С другой стороны, для определенных фациальных типов доказано их менее длительное, чем считалось ранее, существование, вследствие чего оказалось возможным использовать и фациальные особенности в качестве возрастных стратиграфических признаков.

Итак, метод руководящих ископаемых, как универсальных показателей геологического возраста, в настоящее время должен быть отвергнут. Но в пределах определенных более или менее узких районов с выдержанными фациальными условиями некоторые руководящие формы могут сохранять свое значение. Таким образом, сейчас можно признать относительность понятия руководящих форм и их практическую значимость для отдельных палеобιοгеографических провинций или узких районов в границах, свойственных для данных форм фациальных обстановок. Руководящее значение той или иной формы выявляется на конкретном материале для конкретных районов. Например, для нижнеэоценовых отложений юга и юго-востока Русской платформы (каневский горизонт) может быть указан характерный вид *Chlamys armaschewskii* (Kryshan. in Melnik), имеющий здесь руководящее значение. Встречая его в этом районе, можно быть уверенным в отнесении вмещающих отложений к нижнему эоцену. Помимо этого, метод руководящих форм может быть использован при полевых работах для первой предварительной ориентировки в возрасте отложений, хотя все датировки должны быть впоследствии проверены комплексным методом.

Применение метода руководящих ископаемых, большинство которых принадлежало быстро эволюционирующим и широко распространенным в отдельные периоды группам, постепенно привело к мысли, что не все ископаемые организмы одинаково ценны и одинаково пригодны для использования их в стратиграфических целях. Одни группы дают большое количество руководящих ископаемых, и на них можно строить определенные стратиграфические выводы, другие оказываются для этого менее пригодны. Считалось даже достаточным выбрать несколько ведущих групп и на основании их изучения проводить стратиграфические построения, не рассматривая весь органический комплекс в целом.

Конечно, некоторая неравноценность разных групп организмов для использования в стратиграфических целях имеется. Объясняется она как объективными причинами, так и случайными. К первым будут относиться различия в темпе эволюции отдельных групп, в пространственном распространении, частоте встречаемости и способности сохраняться в ископаемом состоя-

нии. К случайным причинам относится недостаточная изученность отдельных групп к настоящему моменту.

Исходя из представления о различной значимости для стратиграфии разных групп организмов О. Шиндewolf предложил выделять: а) архистратиграфические группы, имеющие основное значение при корреляции разрезов определенного геологического возраста и дающие главных руководящих ископаемых; б) парастратиграфические группы, имеющие второстепенное значение для стратиграфии или вовсе его не имеющие.

Предполагалось, что в практических целях достаточно базироваться на нескольких наиболее важных архистратиграфических группах.

Однако вскоре выяснилось, что деление на архи- и парастратиграфические группы очень условно и практически не оправданно. Стратиграфические выводы должны строиться на комплексном подходе, и для них нельзя пренебрегать данными ни по одной из групп организмов. Одна и та же группа в разных условиях может иметь разное значение для стратиграфических выводов. Например, амmonoидеи являются типичной архистратиграфической группой в девоне, карбоне и перми Урала, но значение их несколько снижается для аналогичных отложений Русской платформы из-за недостаточной частоты встречаемости. Во-вторых, значение той или иной группы иногда зависит от конкретных задач, стоящих перед исследователями. Так, при необходимости ориентироваться в возрасте отложений среднего и верхнего палеозоя в поле, как указывалось выше, амmonoидеи на Русской платформе из-за редкости нахождения и приуроченности к определенным типам осадков будут уступать брахиоподам, характеризующимся массовостью скоплений и большой частотой встречаемости. В-третьих, те группы, которые до недавнего времени могли из-за плохой изученности считаться парастратиграфическими, с введением новой методики исследований иногда превращаются в архистратиграфические. Подобную коренную переоценку значения для стратиграфии претерпели, например, фораминиферы, остракоды и др.

Часть нынешних «парастратиграфических» групп, такие, например, как некоторые планктонные организмы, не связанные с определенной фацциальной обстановкой, возможно, приобретут важную роль в будущем при корреляции разнофацциальных отложений.

Метод руководящих комплексов. Во второй половине прошлого века получил применение метод руководящих комплексов. Этим было отдано предпочтение методике, основанной на анализе всех видов, входящих в тот или иной характерный органический комплекс, т. е. на совокупности всего палеонтологического материала.

Первое преимущество этого метода состоит в том, что каждый органический комплекс представляет ассоциацию видов, различные группы которых могут иметь контролирующее значение по отношению друг к другу при определении геологического возраста. По одной руководящей форме можно сказать о возрасте только ориентировочно.

Определение одной какой-либо формы, выхваченной из комплекса, недостаточно для стратиграфических выводов. В них нельзя быть уверенными, так как неизвестен конкретный диапазон вертикального распространения этой формы именно в данном районе.

Конечно, разные комплексы тоже могут иметь разное значение для выводов о возрасте вмещающих отложений. И чем больше в комплексе форм, близко подходящих к понятию руководящих ископаемых, тем ценнее этот комплекс для стратиграфических целей (таблица II).

Наконец, необходимо отметить, что характер изменчивости органического комплекса в целом будет иметь несравненно большее значение, чем изменчивость отдельных форм.

Допустим, какой-то исследуемый комплекс включает три группы видов, относящихся даже к разным типам (например, фораминиферы, мшанки, моллюски). При более или менее резкой смене внешних условий все эти три группы прореагируют на них, и каждая по-своему: одна, предположим, мало заметно, вторая довольно заметно, а третья резко. Если строить выводы не то что по отдельным видам, а и по отдельным группам, то в первом случае характер изменений и наличие какого-то рубежа в развитии данного района могут быть почти не замечены. Во втором случае этот рубеж бросится в глаза. В третьем — он будет казаться очень глубоким и значительным.

При исследовании комплекса в целом, зная характер реагирования каждой группы на конкретные внешние изменения и корректируя общий вывод по каждой из них, можно не только достоверно зафиксировать на определенном уровне границу между двумя этапами развития изучаемого района, но и представить себе масштаб происходивших явлений, а отсюда и ранг наметившегося рубежа. Конечно, важные выводы могут дать комплексы, не обязательно включающие столь резко различные группы, как в приведенном примере.

В основе метода расчленения и корреляции разрезов по руководящим комплексам лежит неповторимость каждого органического комплекса, поскольку органический мир находится в постоянном развитии. В силу этого каждый комплекс не должен быть похож на предыдущий, хотя, при относительно небольшом временном интервале между ними, накопившиеся различия не всегда могут быть выявлены имеющимися в настоящее время методами.

Неповторимость органических комплексов может быть обусловлена многими факторами, в первую очередь спецификой филогенетического развития отдельных групп, путями их распространения на фоне изменяющейся среды в связи с общим ходом геологического развития района и т. д.

При сопоставлении по руководящим комплексам нужно все время принимать во внимание фациальную обстановку. В некоторых случаях в разных фациях можно встретить представителей тех же семейств и родов, но принадлежащих иным видам. Иногда разновременные комплексы, но принадлежащие сходным фациальным обстановкам, могут иметь больше общих черт, чем комплексы из одновозрастных, но разнофациальных отложений. При наличии в пределах определенной стратиграфической единицы более или менее заметного числа эврипичных форм хорошо выделить для нее комплекс основных характерных видов, представляющая смену органических форм по простиранию в разных фациях и сравнивая представителей однофациальных отложений, принадлежащих разным вертикальным уровням.

А. Мордвилко (1953) предлагала выделять в общей палеонтологической характеристике стратиграфических подразделений возрастные комплексы, или биоконкомплексы, понимая под ними определенный комплекс видов, резко отличающийся от такового в ниже и выше лежащих отложениях качественным или количественным составом представителей и точно устанавливающий не только возраст, но и фацию отложений рассматриваемого подразделения (сам термин «возрастной комплекс» нельзя считать особенно удачным).

При этом, как один из важных стратиграфических индикаторов, учитывалась массовая встречаемость представителей определенных видов, отражающая стадию их расцвета. Эта стадия, с одной стороны, обеспечивает наиболее частую встречаемость представителей определенного вида в ископаемом состоянии, с другой стороны, вследствие относительной ограниченности вертикального распространения вида во время расцвета, по сравнению с его общим вертикальным распространением, обеспечивает четкую датировку отдельных горизонтов. Таким образом, горизонты с характерными ракушняками или наиболее часто встречаемыми видами приобретают вполне определенное стратиграфическое значение.

Помимо транзитных видов, Мордвилко различает виды контролирующие, приближающиеся по своему значению к руководящим, и маркирующие, наиболее часто встречаемые. Последние две категории и составляют «возрастной комплекс» (некоторые виды могут одновременно быть и контролирующими, и маркирующими). Виды, только появившиеся в данном горизонте, нехарактерные для него и незначительно представленные, не будут входить в его «возрастной комплекс». Однако расцвет данных

видов, фиксируемый в более высоком горизонте, делает их для него маркирующими и обеспечит им место в соответствующем «возрастном комплексе».

Характерным примером применения метода, основанного на последовательной смене в вертикальном разрезе руководящих комплексов и неповторимости каждого из них, является описанное выше зональное деление, которому посвящен специальный раздел во второй главе.

Метод сопоставлений по сходству органических комплексов. В основу этого метода положено представление о том, что комплексы, обладающие сходным обликом, являются одновозрастными. Конечно, слишком прямолинейное и некритичное применение данного положения без учета явлений конвергенции и гомеоморфии может привести к большим ошибкам. Если считать сходство органических комплексов свидетельством их одновозрастности, то это еще не значит, что разный облик будет всегда говорить за разновозрастность. Известны случаи, когда из-за фациальных отличий одновременные комплексы имеют различный характер, а вследствие сходства фациальных условий одновременные комплексы приобретают более или менее сходный облик. Сходство может наблюдаться у некоторых глубоководных комплексов, принадлежащих разным стратиграфическим уровням, так как на глубинах изменение внешних условий происходит медленнее, чем в прибрежной зоне.

Применяя данный метод, нужно проявлять особую осторожность, используя его для первых сопоставлений и дополняя данными других методов. Желательно выяснить палеонтологические отличия сопоставляемых отложений от ниже и выше лежащих в тех же фациях. Как уже говорилось, необходимо установить, не является ли сходство комплексов вызванным фациальными условиями при их разновозрастности, чтобы сразу избежать больших погрешностей в выводах.

В чем же может выражаться сходство органических комплексов, которое используется для предварительных сопоставлений? Во-первых, сходство родового состава. Если рассматривать фаунистические комплексы верхнепалеоценовых отложений Поволжья (верхнесызранская подсерия) и Парижского бассейна (танетский ярус), то сходство родового состава выступает ярко, тогда как в видовом составе много отличий из-за развития местных (эндемичных) видов в Поволжье. Во-вторых, выделяется широкое развитие определенных групп, характерных для сопоставляемых интервалов. В рассматриваемом примере и для Поволжья, и для Парижского бассейна характерно широкое развитие кукуллей, а также (что в большей степени характерно для верхнего палеоцена Крыма, чем Поволжья) широкое развитие турителл несколько более древнего (монского) облика.

В-третьих, характерным может быть наличие викарирующих видов. Это виды — географически заменяющие друг друга («географические заместители»), близкие по общим чертам строения, но развитые на более или менее удаленных территориях и занимающие приблизительно одинаковое положение в органическом комплексе своего района. Так, в верхнем палеоцене Крыма развит *Araeodactylus parallelus* (Eichwald), 1867, а в соответствующем комплексе Парижского бассейна викарирующий вид *A. plateaui* Cossmann, 1899. Первый отличается несколько большими размерами, меньшей угловатостью последнего оборота, большим количеством спиральных ребер, большей их шириной, более узкими межреберными промежутками, наличием тонких спиральных линий в межреберных промежутках.

Наконец, общее сходство может подчеркивать отсутствие некоторых характерных групп, получающих широкое развитие, либо в подстилающих, либо в покрывающих горизонтах. Например, для палеоцена Крыма и Парижского бассейна характерно отсутствие нуммулитов, в то время как в следующем отделе, эоцене, они получают широкое развитие и решающее стратиграфическое значение.

Иногда в сравниваемых разрезах может быть использовано сходство не самих органических комплексов, а следов жизнедеятельности организмов, что было предложено Я. В. Самойловым, изучавшим руды осадочного происхождения. Многие из этих руд образовались в результате жизнедеятельности микроорганизмов, от которых в ископаемом состоянии не остается и следа. Моменты пышного расцвета микроорганизмов, знаменовавшие интенсивным рудообразованием, часто приурочены к определенным стратиграфическим уровням, что позволяет в первом приближении сопоставлять соответствующие интервалы разрезов. Так, в палеогене на Русской платформе, Мангышлаке, Кубани, в Закавказье отмечается интенсивное образование марганцевых руд, видимо, одновременное, хотя условия формирования отложений во всех этих областях резко различались по характеру поступающего с суши материала.

При сопоставлении по сходству органических комплексов необходимо соблюдать очень большую осторожность и еще большую — при сопоставлении по сходству следов жизнедеятельности организмов.

Применение статистических методов

Процентно-статистический метод. Метод, известный под таким наименованием, применялся долгое время, почти до конца 30-х годов нашего столетия, и по отношению к группам организмов, для которых имелась возможность полностью провести видовые определения, представлял отражение формального под-

хода к вопросам стратиграфического расчленения и корреляции. Иногда им пользовались при отсутствии ясности в филогении встречаемых в отложениях групп и невозможности выделить формы, имеющие руководящее значение, а иногда, как методом, не требовавшим углубленного анализа материала. В настоящее время этот метод не применяется, но о нем нужно знать, так как с ним можно встретиться в прежней биостратиграфической литературе.

В основу этого метода положен количественный подсчет форм из исследуемых отложений, общих с органическими комплексами нескольких наиболее близких по возрасту стратиграфических единиц. В результате этого подсчета данные отложения относились к той единице, с органическим комплексом которой получался наибольший процент общих форм, хотя бы с другими единицами этот процент был пусть меньшим, но тоже значительным. При этом не учитывалось относительное биостратиграфическое значение тех или иных групп или форм, игнорировалась их фациальная приуроченность, при которой иногда в разновозрастных, но сходных по фациальной обстановке, отложениях может оказаться больше одинаковых форм, чем в одновозрастных, но разнофациальных. Особенно большие ошибки получались при применении данного метода, когда исследуемые органические комплексы содержали небольшое число видов (на долю каждого вида приходится в таком случае больший процент) или когда в них встречалось много видов широкого вертикального распространения.

На ошибочность этого метода указывалось и раньше (например, В. О. Ковалевским). По И. Вальтеру, процентное содержание общих форм в близких или удаленных местообитаниях, колеблющееся от 30 до 60%, зависит от такого большого круга причин, что на нем недопустимо основывать определение геологического возраста двух разных фаунистических комплексов.

Вспомогательные статистические методы. Биометрический анализ непосредственно не связан со стратиграфическим расчленением и корреляцией разрезов, а потому не может причисляться к биостратиграфическим методам. Однако вследствие его применения при обработке палеонтологических данных, которые затем могут быть использованы в стратиграфических целях, он заслуживает хотя бы краткого упоминания.

Основу биометрического анализа составляет совокупность приемов математической обработки результатов измерения различных признаков организмов. Исследование количественных данных делает описание палеонтологического материала более точным. При перекрывании признаков двух или большего числа исследуемых видов изменчивость их наиболее четко может быть представлена в количественных выражениях. Наконец, статисти-

ческие методы могут дать характеристики целых популяций при достаточно богатом фактическом материале.

Очень часто биометрическому анализу подвергаются относительные величины, так как они характеризуются гораздо большим постоянством, чем соответствующие абсолютные значения. Так, например, при изучении двустворчатых моллюсков вычисляются следующие коэффициенты: удлиненность (отношение высоты створки к длине); выпуклость (отношение выпуклости створки к высоте); неравносторонность (отношение длины передней части к длине всей створки); превышение макушки (отношение высоты макушки к высоте створки) и другие.

Вычисление относительных величин значительно уточняет описание видов и подвидов, а устанавливаемые пределы их колебаний дают представление о наблюдаемой изменчивости. Для выяснения пределов изменчивости признаков по имеющемуся конкретному материалу строятся

кривые изменчивости, на которых по оси абсцисс откладываются числовые замеры исследуемых признаков, сгруппированные по классам, а по оси ординат — частота их встречаемости в процентах. Получаемая кривая характеризует пределы изменчивости. Одновершинность ее свидетельствует об однородности материала (рис. 6).

Для характеристики в целом исследуемой популяции по собранному материалу, представляющему только небольшую пробу или выборку из нее, вычисляется ряд показателей (Э. Майр, Э. Линсли, Р. Юзингер, 1956). К ним относятся:

а) средняя величина исследуемого признака (по пробе) (M), получаемая делением суммы измерений на общее число экземпляров:

$$M = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{N};$$

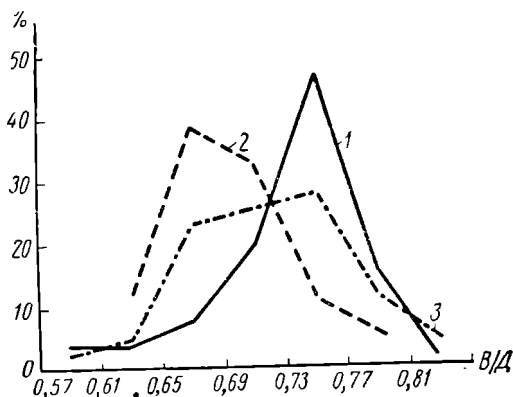


Рис. 6. Кривые изменчивости удлиненности раковин *Macra podolica* Eichw. (Н. П. Сидорова, 1960):

1 — с Мангышлака и Устюрта; 2 — района Майкопа; 3 — Украины; В/Д — отношение высоты раковины к ее длине

б) мера изменчивости, или мера отклонений от средней величины (σ), определяющаяся как корень квадратный из суммы (Σ) квадратов отклонений от средней величины (d):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{N}}.$$

Чем сильнее разбросаны варианты вокруг средней величины и чем растянутое и уплощенное кривая изменчивости на графике, тем большим будет среднее квадратическое отклонение. Знание среднего квадратического отклонения популяции дает возможность предсказать пределы колебаний, так как $M \pm 3\sigma$ охватывает 99,73% популяции. Так, например, если средняя величина по измерениям равна 50 мм, а ее среднее квадратическое отклонение составляет 2 мм, то практически все особи не выйдут по данному признаку из пределов 44 и 56 мм;

в) средняя ошибка (m), характеризующая степень близости средней величины исследуемого материала (пробы) к истинной средней величине популяции:

$$m = \frac{\sigma}{N}.$$

Для выявления различий между двумя формами по изучаемому признаку вычисляется коэффициент различия ($C.D.$), а по нему общее неперекрывание в процентах. Этот коэффициент получается при приближенных ускоренных расчетах от деления разницы между двумя средними величинами на сумму средних квадратических отклонений:

$$C.D. = \frac{M_B - M_A}{\sigma_A + \sigma_B}.$$

Как показатель подвидового различия данный коэффициент принят равным 1,28 (при этом 75% форм популяции A отличается от 97% популяции B , или общее их неперекрывание достигает 90%). Формы, не перекрывающиеся по определенным признакам более чем на 90% и пользующиеся широким распространением в разных горизонтах или районах, часто принимаются уже за самостоятельные виды.

Данные биометрического анализа должны применяться с учетом экологических, палеогеографических и стратиграфических особенностей отложений, включающих комплексы ископаемых.

В спорово-пыльцевом анализе просматриваемый препарат представляет пробу или выборку изучаемого пласта или горизонта. Вследствие этого необходимо определить максимальную статистическую погрешность, допускаемую при подсчете пыльцы и спор, и выяснить минимальное количество зерен, подлежащих

подсчету, чтобы достаточно надежно определить процентный состав спектра. Установлено, что статистическая погрешность, допускаемая при подсчете пыльцы, уменьшается при увеличении числа подсчитанных зерен. Величина ее изменяется также от процентного содержания исследуемого компонента в просматриваемом препарате и достигает максимального значения при его содержании, равном 50%.

Изменение величины максимальной статистической погрешности при 50%-ном содержании исследуемого компонента для разного числа зерен показано на рис. 7, из которого следует, что при 150 зернах этот компонент определяется с погрешностью, чуть большей, чем $\pm 10\%$. При меньшем количестве зерен погрешность резко увеличивается, при большем — сравнительно медленно уменьшается.

Для полной характеристики спорово-пыльцевого спектра должно быть установлено соотношение трех основных групп его компонентов: древесной пыльцы, недревесной и спор, а, кроме этого, процентные соотношения внутри каждой группы. Следовательно, по каждой основной группе должно быть насчитано около 150 зерен, а в общей сложности не менее 450. Подсчет всех компонентов в препарате под микроскопом ведется до тех пор, пока в одной из групп не будет насчитано 150 зерен. Тогда суммируется число зерен по всем трем группам, а исходя из этой суммы вычисляется процентное содержание каждой группы. После этого в остальных группах заканчивается подсчет зерен до 150 и высчитывается процентное содержание компонентов внутри групп.

Закономерные изменения в соотношениях различных компонентов по разрезу отражают изменения в физико-географической обстановке в течение формирования вмещающих отложений и

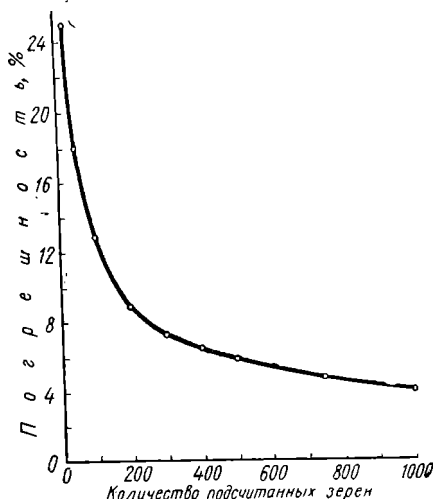


Рис. 7. График изменения величины максимальной статистической погрешности определения компонента в зависимости от числа сосчитанных пыльцевых зерен (при содержании данного компонента, равном 50% от общего количества пыльцы). Видно, что при 150 зернах этот компонент определяется с погрешностью около $\pm 10\%$ (В. П. Гричук и Е. Д. Заклинская, 1948)

дают основания для установления стратиграфических рубежей.

В заключение необходимо отметить, что количественные изменения в составе отдельных групп организмов по разрезу при послойных сборах, выявляемые статистическими методами, позволяют выделять горизонты с обедненными комплексами и горизонты с пышно представленными комплексами форм. Последние могут быть использованы при стратиграфическом расчленении разрезов как маркирующие уровни. Статистические методы находят применение не только в палинологическом анализе, но и при микро- и макрофаунистических исследованиях.

Подгруппа эволюционных методов

Филогенетический метод. В главе, посвященной обзору основных этапов развития биостратиграфии, говорилось о том, что основателем филогенетического метода стратиграфического расчленения и стратиграфической корреляции разрезов был В. О. Ковалевский. В миоценовых отложениях Европы им были прослежены четкие родовые линии копытных и выделены определенные комплексы, каждый из которых представлял комплекс предков по отношению к более позднему. Так как потомки не могут появиться раньше предков, то по этим комплексам можно было дать обоснованное расчленение вмещающих их отложений и производить сопоставление разрезов из разных районов.

Следовательно, разработав филогенетическую схему какой-либо группы организмов, можно расчленять отложения по стадиям филогенетического развития данной группы, связанным с определенными интервалами стратиграфического разреза, или по высоте развития заключенных в них форм. В качестве примера приведем расчленение по крупным стадиям развития аммонойд:

гонитаты	—	средний и верхний палеозой
цератиты	—	пермь и триас
аммониты	—	юра и мел

Чем мельче группы (можно проследить филогенетическое развитие отдельного рода) и тоньше различия, тем более дробные единицы получают обоснование для выделения. Особенно важным этот метод может оказаться при сопоставлении разрезов не по тождественным, а по подобным (викарирующим) органическим комплексам. Тожество обычно обнаруживается у географически близко расположенных друг к другу комплексов или принадлежащих одной палеобиогеографической провинции. Для удаленных комплексов основой может служить степень развития (сходство высоты развития). Например, в центральных штатах США фауна наутилид из среднего карбона не имеет общих форм с та-

кой же фауной из тех же отложений Подмоскowsья, но аналогичные комплексы прослеживаются там и тут. Правда, подобные сопоставления должны проводиться очень осторожно, так как иногда в удаленных районах, как будет показано дальше, сходные стадии развития определенной группы могут сдвигаться во времени по отношению друг к другу.

Слишком упрощенное применение филогенетического метода может привести к существенным ошибкам. Во-первых, установление возраста исключительно по степени развития (по высоте развития) определенных органических групп является делом рискованным. В тех отложениях, где появляются новые, более высокоразвитые организмы, в качестве реликтов иногда сохраняются представители менее развитых предковых форм, характерных для более нижних слоев. Когда приходится пользоваться такими сопоставлениями, для каждого горизонта необходимо стараться найти наиболее высокоразвитые формы и их использовать для выводов. Во-вторых, в изолированных областях или отличающихся по своей геологической истории развитие отдельных групп организмов за одинаковое время может иногда достигать разной высоты. Так, в Тургайской области для нижнеолигоценовых и среднеолигоценовых отложений была описана характерная индрикотериевая фауна; для более молодых аральских слоев — более высокоорганизованные представители той же фауны, относимые к роду *Aralotherium*. Позже в Бенарском месторождении Грузии в предположительно верхнеолигоценовых отложениях был описан новый род *Benaratherium*. Так как по степени развития он являлся как бы промежуточной формой между типичными нижнеолигоценовыми представителями рода *Indricotherium* и считавшимися тогда верхнеолигоценовыми *Aralotherium*, то вскоре, как и включавшие его отложения, был отнесен к среднему олигоцену. При анализе же всех геологических данных включающие его слои оказываются значительно более молодого возраста, возможно, даже нижнемиоценового.

Наконец, к ошибкам может привести принятие так называемых морфологических рядов или рядов форм за собственно филогенетические ряды. Примером таких параллельных рядов являются известные американский и европейский параллельные ряды лошадиных. Возникновение близких в морфологическом отношении параллельных линий, не связанных непосредственно в филогенетическом отношении, не так редко. При этом сходные морфологические стадии могут появляться асинхронно.

Наличие параллельных изменений в процессе филогенетического развития, не совпадающих во времени, отмечается и у беспозвоночных. Так, среди амmonoидей род *Artinskia*, распространенный только на Урале, появляется в верхнем карбоне и встречается в сакмарском и артинском ярусах. По некоторым признакам (наличие двух адвентивных лопастей) он мог быть

принятым за дочерний род очень сходного с ним более молодого рода *Akmilleria*, обладающего одной адвентивной лопастью. Но этот род развит только в сакмарских отложениях Америки и артинских отложениях острова Тимора.

Однако и тщательно собранные данные, но полученные на основании изучения одной какой-либо филогенетической ветви, чаще всего недостаточны для обоснования расчленения отложений на определенные стратиграфические единицы и для корреляции разрезов. Различные группы организмов могут по-разному реагировать на изменения физико-географической обстановки,

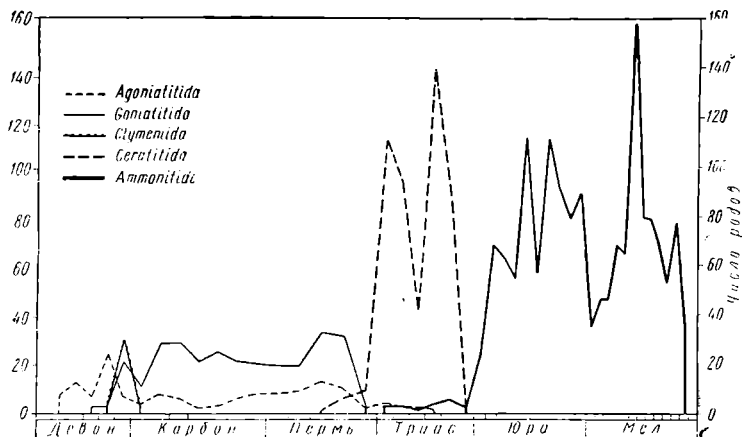


Рис. 8. Развитие пяти отрядов аммоноидов (по каждому ярусу в пределах соответствующей системы указано суммарное число родов) (В. Е. Руженцев, 1960)

обладая разным темпом эволюционного развития, который меняется в зависимости от особенностей изменения окружающей среды. Поэтому важное значение для биостратиграфии приобретает этапность процесса эволюционного развития органического мира, охватывающая большое количество групп (рис. 8). К сожалению, на это явление достаточное внимание было обращено сравнительно недавно.

Этапы развития органического мира часто в деталях совпадают с этапами осадконакопления и служат основой естественного расчленения отложений и выделения стратиграфических единиц. Более четко это совпадение выявляется для крупных стратиграфических подразделений. Однако в настоящее время накопился большой материал, позволяющий различать этапность в развитии органических групп за сравнительно короткие (в масштабах геологического времени) промежутки. Эта более дробная этапность, которая в принципе отличается только изменением мас-

штаба явлений, дает основание для выделения более мелких единиц.

Обычно в каждом этапе может быть выделено несколько стадий. Самая начальная стадия характеризуется сравнительной бедностью форм, преобладанием эврифациальных типов, часто вновь мигрировавших на исследуемую территорию и еще не приобретших специфических особенностей, позволяющих им приспособиться к существованию во всех биотопах. Далее идет стадия медленного и очень постепенного изменения форм в связи с их приспособлением к новым условиям.

Средние стадии этапа характеризуются пышной адаптивной радиацией и быстрым расселением форм, приобретших хорошую приспособленность к данным условиям и захватывающих различные биономические ниши. Здесь характерны исключительная пестрота и разнообразие форм, обогащение специфическими местными формами.

Заключительные стадии, совпадающие обычно с дальнейшими изменениями главенствующих факторов среды (например, с регрессиями для морских бассейнов), характеризуются резким обеднением состава органических комплексов вследствие быстрого вымирания громадного большинства своеобразных форм, развившихся в оптимальный момент предыдущих стадий. Сохраняются немногие, в общем более примитивные эврибионтные формы, но иногда на этой стадии отмечается первое появление редких форм новых групп, достигающих пышного развития на следующем этапе.

Этапность в процессе развития фаун является процессом необратимым. Сообщество нового этапа не повторяет сообщество предыдущего. В нем появляются новые формы в разных группах на более высших стадиях их эволюционного развития. Неповторимость этапов тесно связана с направленностью эволюции органического мира, обусловленной изменениями внешней среды. Таким образом, этапы развития органических групп довольно точно совпадают с этапами развития окружающей среды (для морской фауны с этапами развития населяемых ею бассейнов), но являются более надежными при расчленении и корреляции разрезов, так как более четко характеризуют специфические особенности каждого этапа.

Крупные этапы должны характеризоваться большим площадным распространением и в масштабах геологического времени повсюду быть одновременными, так как разные группы в среднем должны почти одновременно реагировать на резкие изменения внешних условий. Конечно, влияние местных специфических особенностей внешней среды на отдельных территориях может способствовать опережению или замедлению в развитии данных групп по сравнению с преобладающим темпом изменений во всем ареале.

Итак, широко распространенные этапные комплексы эволюционирующих органических групп дают наиболее ценный материал для стратиграфического расчленения и корреляции разрезов.

Биогенетический метод. В этом методе используются основные положения биогенетического закона, говорящие о том, что разные стадии онтогенетического развития организма характеризуются некоторыми временными, в последующем исчезающими чертами, которые были присущи предкам данного вида в стадии сформировавшегося организма и сохранялись у них во взрослом состоянии. Следовательно, наблюдается, хотя очень неполное и ограниченное, повторение онтогении филогении. В определенных условиях для восстановления стадий филогенетического развития отдельных групп может быть применен **онтогенетический метод**, освещающий закономерности индивидуального развития представителей этих групп. А выявление стадий филогенетического развития в сочетании с **биостратиграфическим методом в узком смысле этого слова**, благодаря которому устанавливается последовательное изменение и положение разных эволюционирующих форм в исследуемых отложениях, дает основу для стратиграфического расчленения и стратиграфической корреляции разрезов. Биостратиграфический метод в узком смысле этого слова корректирует построение филогенетических линий через онтогенез и привязывает определенные стадии развития к определенным интервалам разреза. А онтогенетический метод восполняет неполноту геологической летописи и помогает выявлению тех стадий, которые вовсе не сохраняются или неполно сохраняются в конкретных разрезах.

Изучение филогении и онтогении определенных групп позволяет выявлять происхождение отдельных признаков, их систематическое значение, характер, скорость и направление их изменчивости, а этим самым и их биостратиграфическое значение.

Как отмечалось в первой главе, рассматриваемый метод был введен А. П. Карпинским и блестяще использован при решении вопроса о положении артинского яруса. Поэтому, не повторяя разобранного ранее примера, отметим, что не только такая благоприятная для данного метода группа как аммоноидеи, с которой работал А. П. Карпинский, но и другие группы могут найти практическое применение. Близкой группой будут являться наутилиды. Например, у *Hercoceras*, не имеющего вентрального синуса (отсутствие функционирующей воронки), на молодых оборотах линии нарастания оконтуривают синус в вентральной части (древние наутилиды — с развитым синусом).

У двусторчатых, гастропод, а также у брахиопод могут отмечаться изменения в их онтогенетическом развитии. При этом изменения в форме, а также в характере скульптуры иногда прослеживаются на одной раковине. Если требуется проследить

онтогению замка у двустворчатых или ручного аппарата у брахиопод, то здесь уже нужен подбор разных возрастных стадий. При помощи подбора особей разных возрастов Барранд, например, стремился применить онтогенетический метод и к трилобитам. Но при подборе представителей разных возрастных стадий появляются дополнительные трудности, так как необходимо доказать правильность возрастной последовательности найденных экземпляров и принадлежность их к одному виду.

Прослеживались последовательные стадии развития скелета у кораллов путем изучения поперечных и продольных шлифов. Выяснялась закладка септ, изменение их числа и расположения в онтогенезе отдельных ругоз. Отмечались онтогенетические превращения и у фораминифер. В редких случаях изучение онтогении возможно у ископаемых позвоночных не только на постэмбриональных стадиях, но и на эмбриональных. Так, экспедициями в Центральной Монголии были собраны яйца динозавров и молодые особи на разных стадиях развития.

Пользуясь биогенетическим методом, нельзя применять его механически, иначе можно дать неправильную оценку значению отдельных признаков и относительной скорости их развития. Разные признаки могут изменяться с разной скоростью. Например, у верхнепалеозойских аммоидей, с которыми работал А. П. Карпинский, в семействе *Prolecanitidae* отмечалось изменение сутурной линии в сторону усложнения при отсутствии существенных изменений в форме раковины. В близком семействе *Proporitidae* происходит и усложнение сутурной линии, и изменение характера завивания раковины в сторону большей инволютности.

Изучение онтогении помогает правильному определению систематического положения отдельных форм. Систематика же не просто классифицирует виды по внешним признакам. Она определяет, как они произошли, чем достигается сходство отдельных форм — конвергенцией ли общего облика или близким филогенетическим родством — и отсюда можно ли отнести их к одному виду или нет. Она рассматривает вид не только таким, как он есть, но и процесс его становления. Поэтому правильно определенное систематическое положение изучаемых форм позволяет наиболее полно и достоверно раскрыть эволюцию исследуемого органического комплекса. Следует избегать таких случаев, как, например, указываемый Е. А. Ивановой (1953), когда отсутствие учета индивидуального развития представителей *Enteletes Iamarcki* Fisch. из касимовского горизонта Подмосковной котловины могло бы послужить основанием для принятия разных возрастных стадий его за особые «виды» или даже «роды». Конечно, нельзя пренебрегать изучением также индивидуальной изменчивости, чтобы при большом материале не выделить значительного количества искусственных видов.

Сравнительно недавно В. Э. Ливенталем (1949) был предложен **палеобиогенетический метод**, в основу которого кладется детальное палеонтологическое изучение в пределах нескольких стратиграфических единиц не всех видов из развитого здесь фаунистического комплекса, а только одного (в зависимости от времени и имеющихся возможностей — двух-трех). Этот вид должен иметь широкое географическое распространение, довольно часто встречаться, но не обязательно обладать признаками руководящей формы, т. е. в первую очередь узким вертикальным диапазоном развития.

Детальное палеонтологическое изучение при применении данного метода заключается в составлении для выбранного вида схемы соотношений его филогенеза и онтогенезов в нескольких последовательно сменяющих друг друга горизонтах, более или менее полно характеризующих исследуемую толщу. В результате определяются: а) стадии развития (возраст) представителей данного вида и б) степень развития отдельных признаков, изменяющихся вместе с филогенетическим развитием вида. На основании приуроченности определенной степени развития этих признаков к определенной стадии развития (возрасту) представителей исследуемого вида делается заключение о принадлежности вмещающих отложений к тому или иному стратиграфическому горизонту. Выводы проверяются по большому числу разрезов.

Ливенталь приводит пример с *Cytherissa bogatschovi* Livent., которая развита вообще от понта доныне. В рассматриваемом примере ее развитие исследовалось в отложениях апшеронского и бакинского горизонтов Апшеронского полуострова. В нижнем апшероне у личиночных форм этого вида хорошо развиты три спинных бугорка (рис. 9). На последующих возрастных стадиях передний спинной бугорок заметно ослабляется, а на стадии половой зрелости ослабляется и следующий.

В среднем апшероне личиночная форма также обладает всеми тремя бугорками, но ослабление переднего спинного и последнего бугорков происходит на более ранней стадии; у половозрелой формы передний бугорок совсем сглаживается (исчезает) и остается ослабленный средний бугорок и задний. В верхнем апшероне уже у личиночной формы ослаблен передний спинной бугорок. Все последующие изменения сдвигаются на более ранние стадии. На стадии половой зрелости отмечается полная редукция обоих передних бугорков. Наконец, в бакинском горизонте личиночная форма обладает ослабленными первыми двумя бугорками, а половозрелая имеет только один последний ослабленный бугорок.

Определяя стадию развития представителей данного вида из какой-либо части исследуемой толщи и степень развития бугорков на ней, можно, согласно построенной схеме соотношения

филогенеза и онтогенезов, сделать заключение о принадлежности вмещающих отложений к одному из указанных стратиграфических уровней.

Данный метод может ускорить выяснение возрастной принадлежности тех или иных отложений, что при определенных условиях очень ценно. Выводы могут получаться по образцам из буровых скважин, по которым не для микропалеонтологических объектов бывает трудно собрать материал, характеризующий весь органический комплекс, свойственный вскрываемому гори-

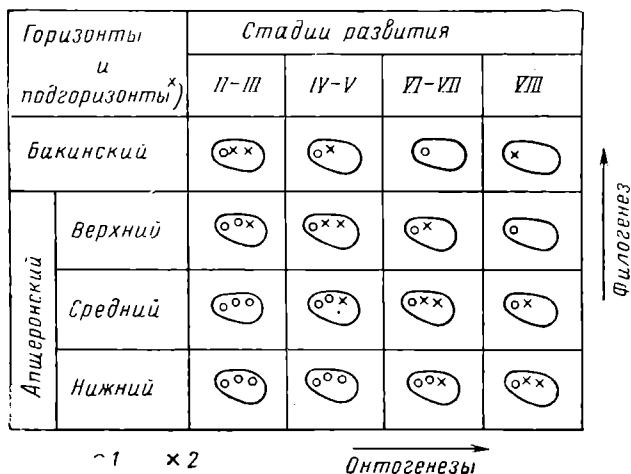


Рис. 9. Филогенез и онтогенезы *Cytherissa bogatschovi* Liventz. (В. Э. Ливенталь, 1949):

1 — спинной бугорок развит хорошо; 2 — спинной бугорок развит слабо

* У автора: «ярусы и отделы»

зонту. Однако необходимо отметить следующее: а) не для каждого вида может быть построена схема соотношений филогенеза и онтогенезов с выделением определенных закономерно изменяющихся признаков; б) предварительная разработка эталона является довольно трудоемкой; в) определение промежуточных возрастных стадий развития может оказаться затруднительным и не всеми проводится однозначно; г) данные по одному виду могут дать только предварительное, ориентировочное представление о возрасте вмещающих отложений, которое должно быть проверено на основании исследований характерного для них органического комплекса.

Метод построения сингенетических схем. Этот метод был предложен одним из наших видных биостратиграфов и палеонтологов Владимиром Прокофьевичем Колесниковым (1940,

1948). Он отметил, что филогения хотя и родилась на палеонтологическом материале, но, не выходя из рамок предположительности, получила очень широкое толкование: филогения формы, филогения органа в эмбриологии и сравнительной анатомии и прочее. Как указал А. А. Борисьяк, филогенетические отношения намечают положение какой-либо формы в родословном древе безотносительно к тому, имеются ли ближайшая предшествующая и ближайшая последующая формы. Поэтому при филогенетических построениях наиболее бесспорными выглядят отношения между крупными систематическими единицами. Изображение же схемы филогенетических отношений в одной плоскости еще Дарвином считалось упрощенным, так как от исходных групп или форм ветви расходятся во всех направлениях. Все это дало основание Колесникову предложить понятие и термин сингенез, или палеосингенез.

Под сингенезом понимаются процессы эволюции, выявляемые на палеонтологическом материале, т. е. на конкретном историческом материале, с установлением того, как они реально протекали, а не как могли бы протекать (на что указывает филогения).

Знания о развитии отдельных родов и даже семейств настолько расширились, что оказалось возможным строить схемы, отражающие не только предполагаемую филогенетическую последовательность видов, но и другие соотношения между ними.

Колесников предложил построение сингенетических схем, основанных на системе координат, с дополнением их палеогеографическими картами, иллюстрирующими расселение видов.

По оси ординат откладывают интервалы, соответствующие исследуемым стратиграфическим единицам, включающим комплексы ископаемых; по оси абсцисс — интервалы, отвечающие батометрическим зонам, в которых образовались изучаемые отложения. В прямоугольниках, получающихся при пересечении линий, параллельных осям координат (каждый из которых отвечает определенной батометрической зоне в определенном стратиграфическом горизонте), показываются соотношения между видами и удельное распространение их при помощи линий, оконтуривающих языкообразные плоскости (рис. 10).

На этих схемах можно показать: а) широко распространенные виды и мало распространенные; б) пунктиром отщепление новых видов от материнских, а также характер этого отщепления: отщепление в процессе борьбы за господство — пунктиром у верхней линии плоскости (подавление материнской формы), отщепление в процессе локальных миграций среды — пунктиром у нижней линии плоскости; в) состояние ожесточенной борьбы (вытеснение) — горизонтальными линиями, ограничивающими плоскости, соответствующие двум или нескольким видам; г) состояние сожительства — вертикальными линиями, ограничиваю-

щими плоскостями соответствующих видов; д) вымирание — замыканием линий; е) миграцию в разные батометрические зоны — расположением контуров, отвечающих мигрирующим видам, у нижней линии плоскости материнской формы, что дает возможность показать захват не занятых ею площадей; ж) реликтовые формы.

На прилагаемых к схемам палеогеографических картах показываются площади обитания определенных видов; площади первоначального их развития; пути расселения; приуроченность

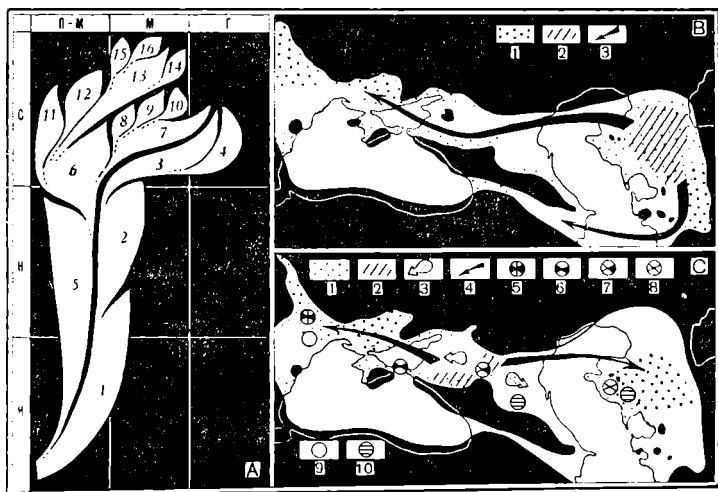


Рис. 10. Сингенетическая схема секции *Obsoletoformes* рода *Cardium* (В. П. Колесников, 1948).

А. Схема стратиграфического и палеобатометрического распространения видов:

П—М — прибрежно-мелководные отложения; М — мелководные отложения; Г — глубоководные отложения; К — конские слои; Н — нижнесарматские слои; С — среднесарматские слои; 1 — *C. vindobonense* (Partsch.) Lask.; 2 — *C. usturtense* Andrus.; 3 — *C. bajaranasi* Koles.; 4 — *C. michailovi* Toulia; 5 — *C. niritamense* Koles.; 6 — *C. nefandum* Koles.; 7 — *C. obliquo-obsoleto* Koles.; 8 — *C. kishinevense* Koles.; 9 — *C. beaumonti* d'Orb.; 10 — *C. acerbum* Koles.; 11 — *C. desperatum* Koles.; 12 — *C. venustum* Koles.; 13 — *C. ingratum* Koles.; 14 — *C. obsoletoformis* Koles.; 15 — *C. naliokini* Koles.; 16 — *C. incurvatum* Koles.

В. Схема расселения видов в нижнесарматское время:

1 — области, заселенные *C. vindobonense* (Partsch.) Lask.; 2 — область первоначального развития *C. usturtense* Andrus. и *C. niritamense* Koles.; 3 — пути их расселения на запад.

С. Схема расселения видов в среднесарматское время:

1 — области, заселенные *C. nefandum* Koles.; *C. desperatum* Koles., и *C. venustum* Koles.; 2 — области, заселенные *C. bajaranasi* Koles. и *C. michailovi* Toulia; 3 — миграция тех же видов в глубоководную зону; 4 — пути расселения *C. bajaranasi* Koles.; 5 — виды мианковых рифов Бессарабии (7, 9, 10, 13, 14, 15, 16 — по схеме А); 6 — виды мианковых рифов Керченского полуострова (7, 9, 13, 16 — по схеме А); 7 — виды мианковых рифов Центрального Предкавказья (7, 9, 10, 13, 14, 15, 16 — по схеме А); 8 — виды мианковых рифов Мангышлака (7, 16 — по схеме А); 9 — местный вид (*C. kishinevense* Koles.); 10 — реликты (*C. usturtense* Andrus.).

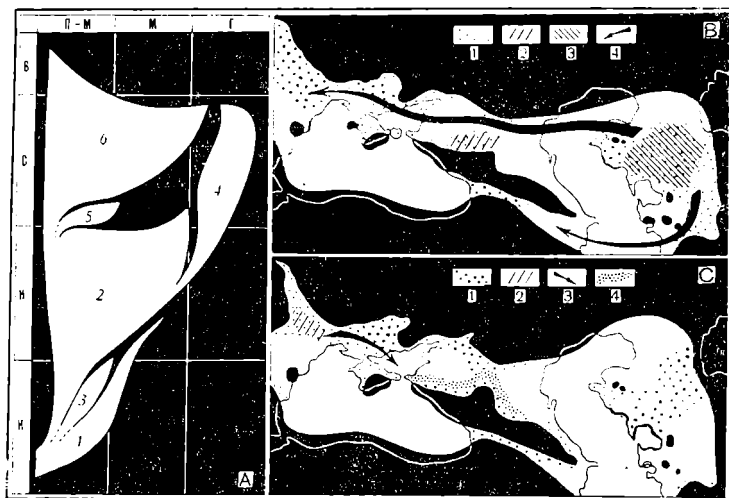


Рис. 11. Сингенетическая схема секции *Plicatiformes* рода *Cardium* (В. П. Колесников, 1958).

А. Схема стратиграфического и палеобатометрического распространения видов:

П-М — прибрежно-мелководные отложения; М — мелководные отложения; Г — глубоководные отложения; К — конкские слои; Н — нижнесарматские слои; С — среднесарматские слои; В — верхнесарматские слои; 1 — *C. praeplicatum* Hilb.; 2 — *C. gracile* Pusch.; 3 — *C. kasinkense* Koles.; 4 — *C. subfittoni* Andrus.; 5 — *C. plicato-fittoni* Sinz.; 6 — *C. fittoni* d'Orb.

В. Схема расселения видов в нижнесарматское время:

1 — области, заселенные *C. praeplicatum* Hilb.; 2 — области первоначального развития *C. kasinkense* Koles.; 3 — область первоначального развития *C. gracile* Pusch.; 4 — пути его расселения на запад.

С. Схема расселения видов в среднесарматское время:

1 — области, заселенные *C. fittoni* d'Orb.; 2 — области первоначального развития *C. plicato-fittoni* Sinz.; 3 — пути его расселения на восток, 4 — области, заселенные *C. subfittoni* Andrus.

местных видов и реликтовых форм к определенным районам; пути перехода в более глубоководные зоны (толстыми стрелками).

Колесников посвятил много труда исследованию сарматской фауны моллюсков и им были составлены сингенетические схемы для большого числа ее представителей. В Понто-Каспийской области до конкского времени существовал солонатоводный бассейн, заселенный однообразной фауной спаниодонтелл. В конкское время в него прорвались средиземноморские тортонские воды нормальной солёности, вследствие чего вся прежняя фауна вымерла. Постепенно с запада начала проникать тортонская фауна. Часть видов при расселении на восток, не приспособившись к новым условиям, вымерла, а другая настолько приспособилась, что уже в сармате дала пышный расцвет.

Поэтому во многих сингенетических схемах Колесникова, в том числе и на приводимых здесь в качестве примера (рис. 11), на оси ординат откладываются следующие стратиграфические единицы: конкский горизонт (*K*), нижнесарматский подъярус (*H*), среднесарматский подъярус (*C*) и иногда (так как начавшееся сильное опреснение ведет к вымиранию фауны на этом рубеже) верхнесарматский подъярус (*B*). На оси абсцисс откладываются батометрические зоны, выделяемые применительно к морям-озерам: прибрежно-мелководная (*П — М*), мелководная (*М*) — обе эти зоны немного выходят за сублитораль — и глубоководная (*Г*), не выходящая за псевдоабиссаль.

В качестве примера можно привести сингенетические схемы для сарматских секций рода *Cardium*: секции *Obsoletiformes*, которой дал начало *Cardium vindobonense*, и секции *Plicatiformes* (родоначальник *C. praeplicatum*).

В основу сингенетических схем положена одна из закономерностей, отмеченная Чарльзом Дарвином. Она говорит о том, что в любой ограниченной области виды, наиболее обыкновенные (представленные наибольшим числом особей), и виды, наиболее широко распространенные в пределах своей области, чаще производят достаточно резкие разновидности или зачаточные виды.

Эти разновидности, стремясь упрочиться, вынуждены выдерживать борьбу с другими обитателями, ведущими сходный образ жизни. Естественно, что уже господствующие виды, вероятнее всего, дадут разновидности, наследующие от них определенные преимущества, обеспечивающие в этой борьбе победу, а в дальнейшем также господство. Наоборот, мало распространенные виды, представленные незначительным числом особей, благодаря разным причинам могут сократиться вплоть до полного исчезновения. Отсюда вытекает важное положение, что основной материал для выявления эволюции отдельных групп дают широко распространенные виды (которые чаще подходят к понятию руководящих). Мало распространенные виды лишь дополняют общую схему развития, не изменяя ее основных черт. Это обстоятельство смягчает неполноту геологической летописи, так как выпадение мало распространенных видов (имеющих меньше шансов сохраниться в ископаемом состоянии) не изменит существенно общую картину эволюции исследуемой группы.

Таким образом, накладывая на сетку координат сингенетических схем данные о возрастном диапазоне и батометрическом распределении широко и мало распространенных видов для каждого рода, подрода или секции, можно получить только одну фигуру, характеризующую развитие рассматриваемой группы в данный геологический отрезок времени. Следовательно, сингенетические схемы развития широко распространенных видов дают каркас для систематических построений.

Составление сингенетических схем возможно только для сравнительно небольших групп, но этим не снижается их ценность, так как в совокупности схемы для небольших групп дадут представление о развитии рода, семейства, отряда и т. д. Иногда при построении сингенетических схем приходится сталкиваться с отсутствием переходных форм, что представляет известные затруднения, однако это явление связано не только с неполнотой геологической летописи. Возникновение нового вида происходит не по всему ареалу распространения материнского, а только в той части, где условия способствуют естественному отбору в накоплении полезных изменений. Здесь больше сходства между дочерним и материнским видом и больше переходных форм между ними. Продолжая изменяться, новый вид начинает медленно распространяться из своей первоначальной области развития, вступая в борьбу с материнским видом и подавляя его по окраине своего все больше расширяющегося ареала. Чем дальше проникают представители нового вида от области своего зарождения, тем меньше шансов на обнаружение многочисленных переходных форм между ними и представителями материнского вида, тем резче разнятся дочерний и материнский вид.

Однако в других частях ареала распространения материнского вида от него может отщепиться еще один или несколько новых. Эти новые виды, вытесняя материнский вид, вступают во взаимное соревнование друг с другом, и обычно один какой-либо новый выходит победителем, оттесняет своих конкурентов в менее благоприятные условия, а сам занимает по возможности больший ареал, стараясь стать наиболее господствующим. С расширением ареала представители этого вида могут попадать во все более отличные от первоначальных условия, что в свою очередь оказывает влияние на дальнейший процесс естественного отбора. Вид начинает в силу этого расщепляться на широко и на мало распространенные виды, вступающие в состояние конкурентной борьбы, и общий ход дальнейших событий повторяется.

Необходимо отметить, что отделение нового вида может происходить в наиболее благоприятной для него обстановке. Поэтому его дальнейшее распространение можно рассматривать как переход из более благоприятной в менее благоприятную обстановку. В результате изменений организма под влиянием новых условий и конечного приспособления к ним эта обстановка через известный интервал времени переходит в свою противоположность (снова в обстановку более благоприятную). Например, приспособление к глубоководным условиям многих органических форм, ранее распространенных в мелководной области.

Колесников различает несколько отличных вариантов вторжения. Т р а н з и ц и я — переход из более благоприятной в менее

благоприятную обстановку. Это медленный процесс, приводящий к значительным изменениям вида. Пример транзиции разобран выше. С нею встречаемся как при формировании глубоководных форм, так и при расселении каждого, расширяющего свой ареал, вида. Инвазия — переход из благоприятной обстановки в еще более благоприятную. Это более редкий случай. Связан обычно с нарушением географической изоляции вида. Расселение в таком случае происходит быстро и не вызывает больших изменений вида. Наиболее яркие случаи инвазии связаны с деятельностью человека (пример с занесением *Mytilaster lineatus* в Каспийское море, который приводится в следующем разделе). Миграция представляет, по Колесникову, переселение фауны, связанное с перемещением (миграцией) самой среды. В таком случае жизненная обстановка меняется сравнительно мало, что не вызывает значительных изменений в мигрирующих комплексах. Это явление довольно широко распространено как при локальных, так и при общих (трансгрессии и регрессии) перемещениях среды. Колесников к миграции относил также вторжение в опресненный Понто-Каспийский бассейн вместе с прорвавшимися морскими солеными водами тортонских видов, давших затем начало сарматскому фаунистическому комплексу моллюсков. Однако в настоящее время миграция понимается как периодическое перемещение внутри ареала.

Так как для правильного понимания развития каждого вида имеет большое значение выявление особенностей его расселения, палеогеографические карты составляют неотъемлемую часть сингенетических схем, где, как указывалось выше, получают отражение все необходимые сведения о территориальном распространении видов.

Итак, при решении многих вопросов сингенетические схемы могут иметь важное значение. Уже говорилось, что они представляют каркас для систематических построений. Вид получает четкое значение, определенное историей его развития. Следовательно, сингенетические схемы дают основу для систематики.

Затем сингенетические схемы обобщают все известные данные по исследуемым группам и помогают выявлению закономерностей их развития. Указывают вертикальное распространение в определенных интервалах геологического времени и горизонтальное по палеобатометрическим зонам, что в совокупности с другими данными определяет стратиграфическое значение видов и тем самым позволяет теоретически обосновывать стратиграфические выводы. Колесников указывает, что строятся сингенетические схемы с наиболее полным учетом как биологических, так и геологических материалов. Палеонтология берет от геологии все, что можно взять, а дает ей четкое стратиграфическое и батометрическое значение видов.

Наконец, сингенетические схемы освещают отдельные важные закономерности. К числу их можно отнести соотношение между широко и мало распространенными видами. На схемах выступает то обстоятельство, что формирование новых широко распространенных видов, как правило, происходит в обширных областях господства одинаковых условий обитания (для морской фауны, например, это будет одна батометрическая зона). Там, где аналогичные зоны пространственно сужаются, не наблюдается формирования новых широко распространенных видов. Отсюда можно сделать вывод, что древние эпиконтинентальные моря были как бы питомниками широко распространенных видов, а заселявшие их фаунистические комплексы по своему составу могли значительно отличаться от комплексов из прибрежных областей, окаймляющих горные районы, даже при сходных условиях существования в них. Это особенно подчеркивает неверность того мнения о руководящих ископаемых, по которому допускалась одновременность их появления и исчезновения в разных частях одного и того же бассейна или ряда разновозрастных бассейнов. Все это заставляет уделять большое внимание особенностям развития и путям расселения видов.

Другой интересной закономерностью является характер расселения реликтов. Колесников отмечает, что области распространения реликтов не являются островками среди прежней площади обитания вида. Вид вытесняется, как правило, полностью, со всей площади его обитания, и только редко остатки его сохраняются в менее благоприятных зонах в пределах этой площади.

Так, *Duplicata duplicata* (Sow.), характерная нижнесарматская форма, была широко развита на обширных мелководьях у северных берегов сарматского моря. Но в конце нижнего сармата от нее отщепились *D. superabilis* (Koles.), *D. dissita* (Dub.) и *D. omnivaga* (Koles.), которые вступили с материнской формой в жестокую борьбу и оттеснили ее за пределы старой площади обитания. Уже в среднем сармате *D. duplicata* нашла убежище в сходной батометрической зоне, но у кавказских берегов. Находки ее в этом районе в среднесарматских отложениях вели первоначально к ошибочным определениям возраста.

Другой характерной формой, оказавшейся в таком же положении, явилась *Ervilia dissita* (Eichw.). Родоначальница сарматских эрвиль *E. trigonula* Sok. вторглась в Понто-Каспийский бассейн в конкское время. В нижнем сармате она дала начало *E. dissita*, которая чрезвычайно распространилась и стала одним из господствующих видов нижнего сармата. Среднесарматская трансгрессия значительно увеличила площади мелководий сарматского бассейна с севера, что послужило толчком к бурному расцвету сарматской фауны. Но *E. dissita* на рубеже

со средним сарматом вдруг начала дробиться на мало распространенные виды с очень небольшими площадями обитания и вымирать. Остатки же ее были вытеснены из мелководной области и временно сохранились в виде реликтов в более глубоководной зоне криптомактровых слоев Центрального Предкавказья. Одно время находка этой формы совместно с другим нижнесарматским реликтом *Syndesmya reflexa* (Eichw.) заставляла ошибочно относить низы криптомактровых глин к нижнему сармату, но затем было установлено, что в этих слоях данные формы являются реликтовыми.

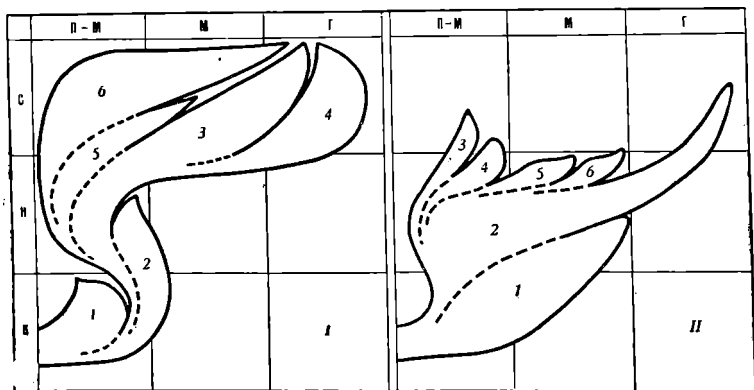


Рис. 12. Сингенетические схемы сарматских *Tapes* и *Ervillia* (В. П. Колесников, 1947а):

- I. *Tapes*: 1 — *T. modestus* Dub.; 2 — *T. aksajicas* Bog.; 3 — *T. vitalianus* (d'Orb.); 4 — *T. naviculatus* Andrus.; 5 — *T. tricuspis* (Eichw.); 6 — *T. gregarius* (Partsch.).
 II. *Ervillia*: 1 — *E. trigonula* Sok.; 2 — *E. dissita* (Eichw.); 3 — *E. podolica* (Eichw.); 4 — *E. macrodon* (Andrus.); 5 — *E. andrussovi* Koles.; 6 — *E. nitida* Zhizh. (остальные обозначения как на рис. 10)

Сингенетические схемы пояснили и причины ухода с арены такой широко распространенной для нижнего сармата формы, как *E. dissita*, в тот момент, когда условия для развития фауны стали еще более благоприятными (рис. 12). Вымирание эрвиль в этот момент объясняется соперничеством с экологически близкими видами. Главным соперником явились тапесы. Их родоначальник *Tapes modestus* Dub. вторгся в Понто-Каспийский бассейн также в конкское время, но приспособление тапесов к новым условиям шло медленнее, чем у эрвиль, сопровождалось значительными изменениями организма и в новых условиях среднесарматского времени дало большой простор естественному отбору и новому видообразованию. Все это помогло тапесам вытеснить эрвиль.

Выяснив принципы построения сингенетических схем, поясним еще раз формулировку сингенеза, данную В. П. Колеснико-

вым, которая приведена в начале рассмотрения данного вопроса. Итак, под сингенезом понимаются процессы эволюции, выявляемые на конкретном историческом материале с раскрытием того, как они реально протекали (на рассмотренных сингенетических схемах, действительно, для каждой формы указана непосредственно ей предшествующая и ее сменяющая), а не так, как они только могли бы протекать. Как эти процессы могли бы протекать, указывает филогения. Вернемся еще к одному разобранному выше примеру. *Benaratherium* первоначально был поставлен в филогенетическом ряду между родами *Indricotherium* и *Aralotherium* потому, что обладал некоторыми промежуточными признаками. Раз он ими обладал, значит процесс развития вообще мог бы протекать так, что все три формы представляли звенья одной цепи. Следовательно, филогения, определив по этим признакам место бенаратерия между индрикотерием и аралотерием, указала на возможное направление процесса развития безотносительно к тому, что индрикотерий не являлся непосредственно предшествующей, а аралотерий непосредственно последующей формой. Дальнейшие исследования опровергли это представление. Сингенетические же схемы дают точное представление о процессе эволюции, и в этом их большое преимущество.

Однако значительным недостатком этого метода является то, что не всякий материал может оказаться достаточным для построения схем и выявления сингенетических отношений.

Колесников работал с сарматскими моллюсками, которые обладали прекрасной сохранностью, имели сравнительно малую площадь распространения (от Альп до Аральского моря) и были хорошо изучены. Недаром он отмечал, что сарматский бассейн представлял естественную лабораторию, где процессы развития фауны текли быстрее, чем в открытых морях.

Материал более плохой сохранности, менее многочисленный, охватывающий группы широко территориально распространенные, может не дать всех исходных данных для построения сингенетических схем. Но там, где материал достаточен, они окажут большую помощь биостратиграфии.

Подгруппа палеоэкологических методов

Палеоэкологические методы, предложенные Р. Ф. Геккером, в основном применяются при частой смене фациального характера отложений по простиранию, когда трудно ожидать в сопоставляемых разрезах повторения сходных руководящих форм или руководящих комплексов. Последние успешно применяются при сопоставлении однофациальных отложений.

Кроме того, палеоэкологические методы пригодны для уста-

новления очень детального стратиграфического расчленения и послойной корреляции разрезов.

Дробное расчленение связано с выделением стратиграфических подразделений, формировавшихся за очень короткие отрезки времени, в течение которых органические группы эволюционировали столь ничтожно, что практически не представляется возможным выявлять и использовать происшедшие в них изменения. Следовательно, здесь невозможно базироваться на руководящих комплексах или формах, так как в последовательно сменяющих друг друга дробных подразделениях не появляется новых видов.

Метод корреляции разрезов по палеоэкологическим и биостратомическим признакам. Этот метод используется для дробной корреляции разрезов в пределах довольно ограниченных районов. Основой для расчленения служит не видовой состав органических комплексов (который, конечно, фиксируется, но не дает в узких вертикальных интервалах заметных изменений), а палеоэкологические и биостратомические признаки.

К палеоэкологическим признакам относятся: а) прижизненные количественные отношения видов; б) приуроченность определенных видов к определенным уровням, соответствующим месту и времени их жизни; в) различные следы животных, а также приуроченность их к определенным уровням; г) прижизненная ориентировка раковин и корневых образований растений.

Биостратомические признаки, отражающие посмертные особенности захоронения, включают: а) вторичные, посмертные количественные отношения разных видов; б) сохранность раковин; в) ориентировку и скопление органических остатков, которые обусловлены механическими факторами при гибели или после отмирания организмов и т. д.

Отсюда при сборе материала необходимо обращать внимание на количественные отношения различных форм в последовательно сменяющих друг друга слоях; на спорадическое нахождение этих форм или в виде скоплений на определенных уровнях в слое; на цельность раковин, разрозненность их створок, сохранность всех органических остатков, на прижизненную или посмертную ориентировку органических остатков в разрезе; на присутствие в слоях следов ползания, зарывания и т. д., на частоту их нахождения и приуроченность к различным уровням слоя.

Принимая во внимание все эти факторы, можно выявить своеобразную палеоэкологическую характеристику каждого из похожих в общем плане друг на друга слоев, которая прослеживается на всем протяжении отдельного слоя в пределах исследуемого узкого района. На основании полученных данных проводится дробное послойное расчленение разрезов и их послойная корреляция. Этот метод особенно хорошо применим к толщам со

сменой органических комплексов в пространстве и их частой сменой с неоднократным повторением во времени.

Примером успешного применения этого метода является расчленение и сопоставление разрезов «толщи переслаивания» окской свиты нижнего карбона на р. Мсте, выше Боровичей (рис. 13, Р. Ф. Геккер, 1938). Отличия отдельных слоев, кажущихся

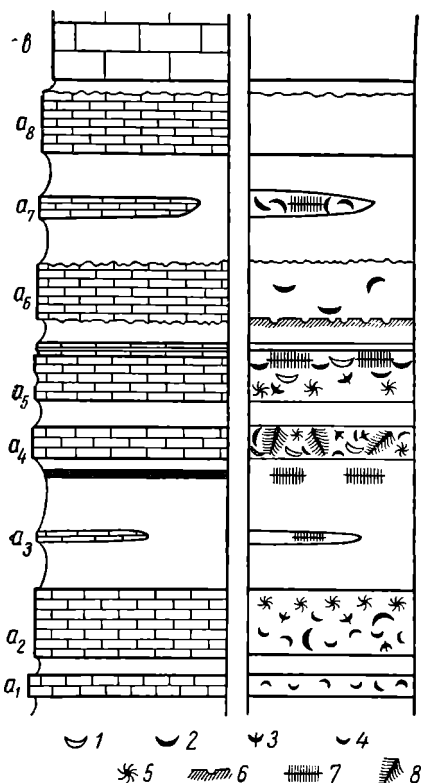


Рис. 13. Различная палеоэкологическая и биостратомическая характеристика отдельных слоев известняков ($a_1 - a_8$) толщи переслаивания «а» нижнего карбона у г. Боровичей при сохранении видового состава фауны (Р. Ф. Геккер, 1956):

1 — раковины *Gigantoproductus* с обеими створками; 2 — то же, отдельные створки; 3 — *Productus semiplanus* Schw.; 4 — мелкие брахиоподы; 5 — *Taonurus* (*Spirophylton*); 6 — петлеобразные и мелкие простые ходы червей; 7 — горизонтальные стигмарины; 8 — вертикальные и косые стигмарины. Значки брахиопод одновременно показывают ориентировку раковин, а также их одно- или двустворчатость.

с первого взгляда тождественными, могут оказаться довольно резкими. Например, два слоя известняка, одинаковые по мощности, с границей размыва в кровле, различаются по характеру подошвы. У одного она ровная, у другого изобилует следами жизнедеятельности червей. В одних слоях встречаются разрозненные крупные раковины брахиопод, в других есть и двустворчатые. В некоторых слоях раковины не ориентированы, в других встречаются с прижизненной ориентировкой.

Недостатком этого метода является то, что используемые им признаки имеют узкое, чисто местное значение, не выдерживаются на большом протяжении, и радиус их действия обычно ограничивается несколькими километрами.

Метод корреляции разрезов на основании закономерной смены экологических комплексов форм в пространстве. Этот метод особенно важен для сопоставления разрезов разнофациальных отложений, сменяющих друг друга в определенных направлениях. При разнообразии фациального состава, сравнительно быстрой смене фаций в пространстве и быстрой смене их с многократ-

ным повторением в вертикальном разрезе необходимо начинать с выяснения закономерностей смены фациальных обстановок в различных направлениях и связанных с ними комплексов органических форм.

В силу этого в основу данного метода закладывается принцип, диаметрально противоположный принципу, заложенному в методе руководящих форм и комплексов: изменение, различие, непостоянство органических форм в сопоставляемых по времени разрезах.

При этом методе для отдельных горизонтов устанавливаются ряды, или «гаммы», экологических комплексов форм и осадков, закономерно сменяющих друг друга в интересующем исследователей направлении. Выделяются типы осадков, и выясняется наличие в каждом типе определенного комплекса органических форм, находящегося с ним в неразрывной связи. Затем прослеживается изменение типа осадка и изменение комплекса форм, при котором новый комплекс также находится в тесной связи со своим типом осадка (рис. 14).

Восстановление закономерной смены осадков и присущих им комплексов в заданном направлении позволяет последовательно сопоставлять быстро изменяющиеся в фациальном отношении отложения. Кроме того, отмечаются и количественные отношения отдельных организмов в комплексах. Иногда виды, играющие в данном экологическом комплексе второстепенную роль, приобретают одну из главных ролей в соседних фациях, перекидывая к ним как бы мосты, подсказывая облик основных фаунистических и флористических компонентов в соседних комплексах и помогая тем самым проводимому сопоставлению. Хорошим примером применения этого метода является сопоставление разрезов восточной и западной половины Главного девонского поля, проведенное Р. Ф. Геккером (1954).

Метод выделения стратиграфических единиц и корреляции разрезов по смене экологических комплексов форм во времени. В основу этого метода положено выявление смены во времени органических комплексов одного экологического облика комплексами другого экологического облика (т. е. в вертикальном, а не в горизонтальном направлении, как у предыдущего метода). При методе же руководящих комплексов прослеживается смена во времени комплекса одного видового состава комплексом другого видового состава при в общем сходном экологическом облике обоих комплексов. Если немые слои и горизонты при корреляции по руководящим комплексам являются белыми пятнами в сопоставляемых разрезах, то при данном методе они имеют столь же важное значение, как и слои, охарактеризованные экологическими комплексами форм. Немые слои отражают определенные важные события, определенную обстановку в истории развития исследуемого района на соответствующем

этапе, обусловившую отсутствие в них органических остатков.

Многие стратиграфические границы приурочены к границам отличных в фациальном отношении толщ, к границам между разными последовательно сменяющимися друг друга циклами осадконакопления, так как эти циклы обычно знаменуют завершение определенных этапов в истории развития исследуемых территорий.

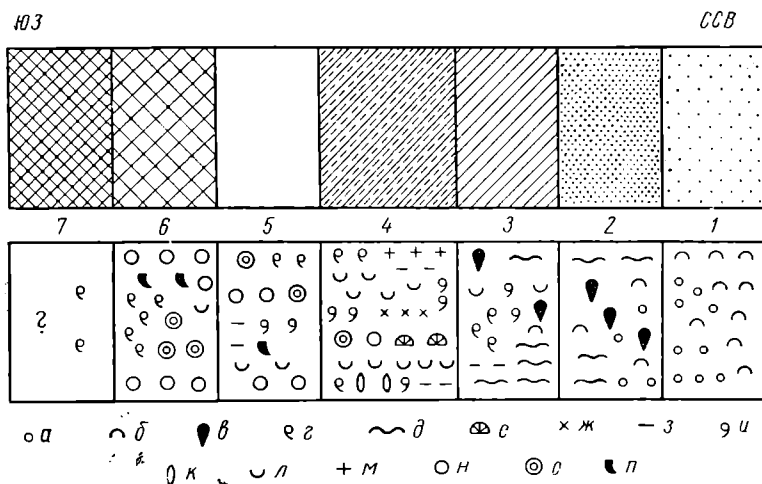


Рис. 14. Закономерная смена («гамма») пород и связанных с ними комплексов форм в морских отложениях верхнего девона Главного девонского поля в направлении с северо-востока на юго-запад (от берега моря в глубь водоема). (Р. Ф. Геккер, 1956):

Породы: 1 — красноцветные терригенные породы; 2 — белые кварцевые пески; 3 — глины; 4 — глинистые пески и мергели; 5 — чистые известняки; 6 — доломитовые известняки; 7 — доломиты.

Фауна и флора. Обитатели пресных вод: а — трохилиски; б — рыбы красноцветной фации. Обитатели моря. *Эвригалинные формы:* в — лингулы; г — *Platyschisma*; д — черви (следы). *Стеногалинные формы:* а) обитатели нормально-соленых вод: е — табуляты; ж — *Spirorbis*; з — пелециподы; и — гастроподы (большинство); к — цефалоподы; л — замковые брахиоподы (большинство); м — иглокожие; б) обитатели вод нормальной и повышенной солености; н — синезеленые водоросли (*Girvanella* — *Pycnostroma*); о — строматопороидеи; п — ругозы

Палеоэкологические методы, наиболее тонко прослеживающие как изменения физико-географических условий прошлого (среды обитавших тогда организмов), так и самих организмов в зависимости от изменений среды, могут значительно помочь уточнению и обоснованию стратиграфических границ. Мелководные отложения будут допускать при этих методах более дробное деление, чем глубоководные, так как на них отражаются даже сравнительно небольшие колебания уровня моря и перемещения береговой линии. Но это будет чисто местным деле-

нием. Вообще же деление необходимо давать настолько дробно, насколько позволяет материал, иногда даже больше требуемой узко практическими запросами точности, так как чем детальнее проведена разбивка толщи, тем глубже понята геологическая история района и лучше освещены связанные с ней насущные вопросы практики.

Примером применения рассматриваемого метода является корректирование стратиграфического расчленения верхнедевонских отложений в восточной половине Главного девонского поля.

В свое время в разрезе этих отложений был выделен шелонский горизонт, включающий отложения как регрессивной фазы предыдущего цикла осадконакопления вниз, так и трансгрессивной фазы последующего цикла. Общий облик нижних и верхних слоев обуславливался принадлежностью их к отложениям бассейна ненормальной солености: нижнешелонские слои даже включали гипсоносные отложения лагунного характера; в верхнешелонских попадались представители обедненной морской фауны и проблематично морской. Так как внутри шелонского горизонта прошла граница между циклами осадконакопления, то впоследствии этот горизонт стремились ликвидировать совсем, отнеся нижние слои к подстилающему чудовскому горизонту, а верхние — к свинордскому. Палеоэкологический метод, использующий смену экологических комплексов форм во времени, показывает, что этого нельзя делать.

Нижнешелонские слои, помимо резко обедненных форм чудовского комплекса, содержат немногочисленные, но свои органические формы, а главная их особенность состоит в том, что их фаунистический комплекс имеет свой специфический экологический облик. Этим он резко отличается от фаунистического комплекса чудовского горизонта. Верхи нижнешелонских слоев абсолютно немые, но содержат полный комплекс лагунных осадков, представляющих характернейший маркирующий горизонт. Поэтому нижнешелонские и верхнешелонские слои, хотя и относимые к разным циклам осадконакопления, не могут быть слиты с соседними горизонтами, а должны сохранить подчиненную им стратиграфическую самостоятельность.

Комплексный палеогеографический метод

Как уже отмечалось, комплексный палеогеографический метод является синтетическим, включающим ряд основных элементов из многих ранее рассмотренных методов. Строго говоря, он не является чисто биостратиграфическим методом, но в большинстве случаев наиболее эффективно применим к палеонтологически охарактеризованным толщам, так как роль палеонтологического материала и для восстановления палеогеографической

обстановки столь велика, что этот метод по праву замыкает группу биостратиграфических методов расчленения и корреляции разрезов.

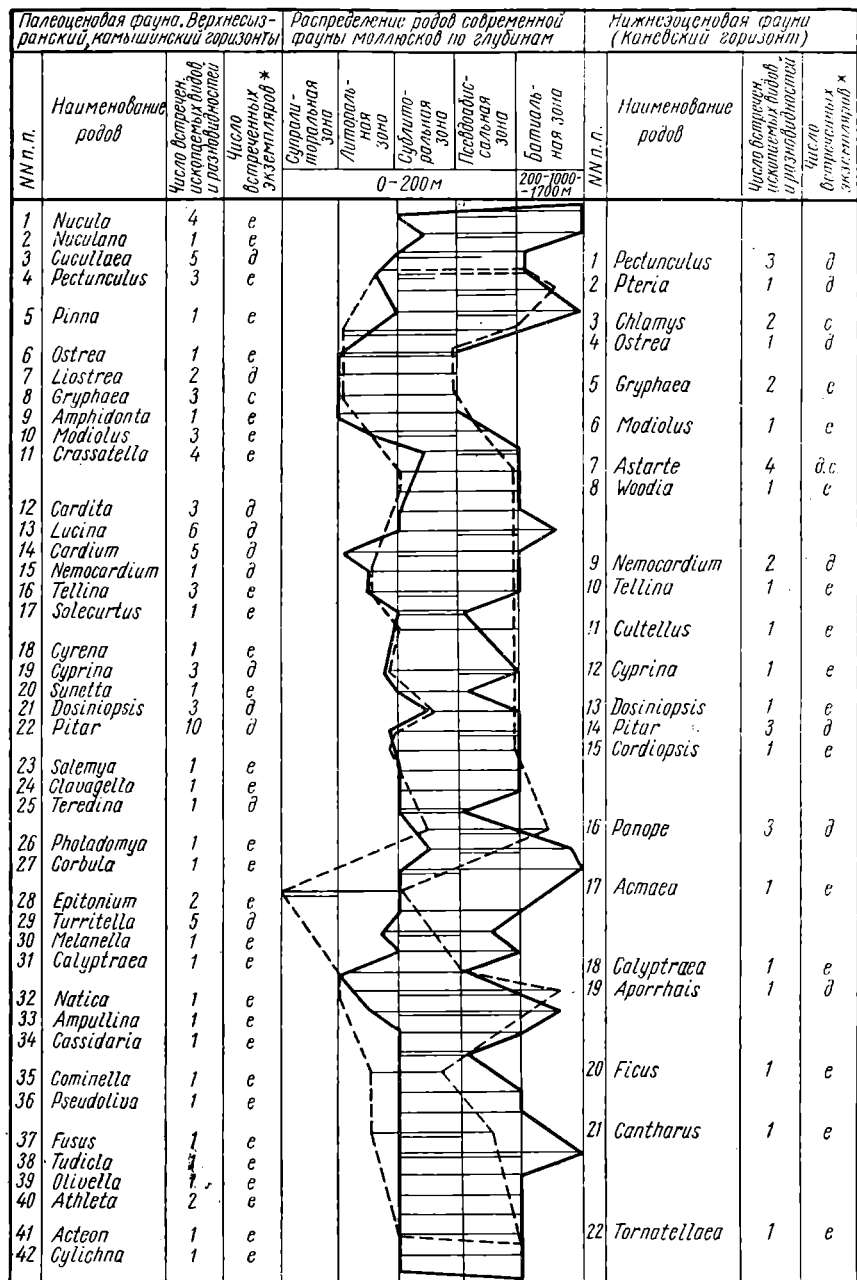
Например, восстанавливая палеогеографические условия палеоценового и нижнеэоценового бассейнов района сближения Волги и Дона на основании сопоставления распространения глауконитовых формаций и климатической приуроченности зон современной глауконитизации, получаем климатическую обстановку, соответствующую современному тропическому и средиземноморскому поясам с летней температурой тепловодных морских бассейнов, превышающей на поверхности 15°C . При анализе родового состава фаунистических комплексов моллюсков (обитавших в примерно равных батометрических условиях) с учетом не только термофильности отдельных родов, но и количества видов в каждом роде, частоты встречаемости и характера распространения, выявляются более тонкие различия в климатической обстановке сравниваемых бассейнов (М. Е. Зубкович, 1958). Палеоценовое время характеризуется теплым субтропическим климатом, приближающимся к тропическому, для нижнеэоценового времени отмечается теплый климат, приближающийся к умеренному (табл. 2; рис. 15 и 16).

При применении комплексного палеогеографического метода к палеонтологически охарактеризованным толщам главным является представление о единстве организма и окружающей его среды. Отсюда вытекает недопустимость рассмотрения органического мира в отрыве от свойственной ему природной обстановки. Обратившись к разобранным выше биостратиграфическим методам, можно проследить, как влияние обстановки, окружавшей органический мир прошлого, все более учитывалось при возникновении новых методов. Если метод руководящих форм при своем возникновении основывался на полном отрыве организма от среды, на рассмотрении руководящих ископаемых с метафизических позиций, то в методе руководящих комплексов их связь со средой ощущалась, хотя и не выступала достаточно выпукло. Эволюционные методы уже при своем возникновении были связаны с учетом влияния окружающих условий на развивающиеся органические группы, а в сингенетическом методе роли окружающих условий отведено такое место, что он во многом сближается с комплексным палеогеографическим методом.

Возможности комплексного палеогеографического метода огромны. Изучение мелких изменений, наследственно закрепляющихся и определяющих особенности организации исследуемых форм и изменениями внешней среды, в принципе могут обеспечить почти беспредельную детализацию конкретных местных стратиграфических шкал. Очень ценен в этом отношении микропалеонтологический материал, так как он позволяет поч-

Сопоставление родового состава палеоценового и нижнеэоценового комплексов моллюсков из района сближения Волги и Дона по термофильности

№ п/п	Группы родов, характерных для разных климатических провинций	Количество родов		Примечание
		палеоценовый комплекс	нижнеэоценовый комплекс	
1	Роды, характерные для теплых (тропических) морей	7	0	В палеоценовом комплексе значительное количество видов. Количество встречаемых экземпляров от единиц до нескольких десятков
2	Роды, характерные для теплых и умеренных морей	13	7	В палеоценовом комплексе значительное количество видов, много экземпляров
3	Роды, характерные для умеренных морей	0	2	
4	Роды, характерные для умеренных и холодных морей	2	4	В нижнеэоценовом комплексе значительное количество видов и встречаемых экземпляров
5	Роды, характерные для холодных морей	0	0	
6	Роды, характерные для морей всех климатических провинций	20	9	В обоих комплексах много видов, количество встречаемых экземпляров от единиц до сотен
	Всего . . .	42	22	



— а — б — в — г

Рис. 15. Батометрические условия палеоценового и нижнеоценового бассейнов района сближения Волги и Дона, восстанавливаемые по фауне моллюсков. В общем условия сходные: это область материковой ступени, исключая материковый склон, а для палеоценового бассейна, исключая и супралиторальную зону:

а — интервал распространения; б — интервал характерного распространения; в — контур диапазона распространения для палеоценовых родов; г — контур диапазона распространения для нижнеоценовых родов.

* е — единицы, д — десятки, д.с. — до сотни, с — сотни

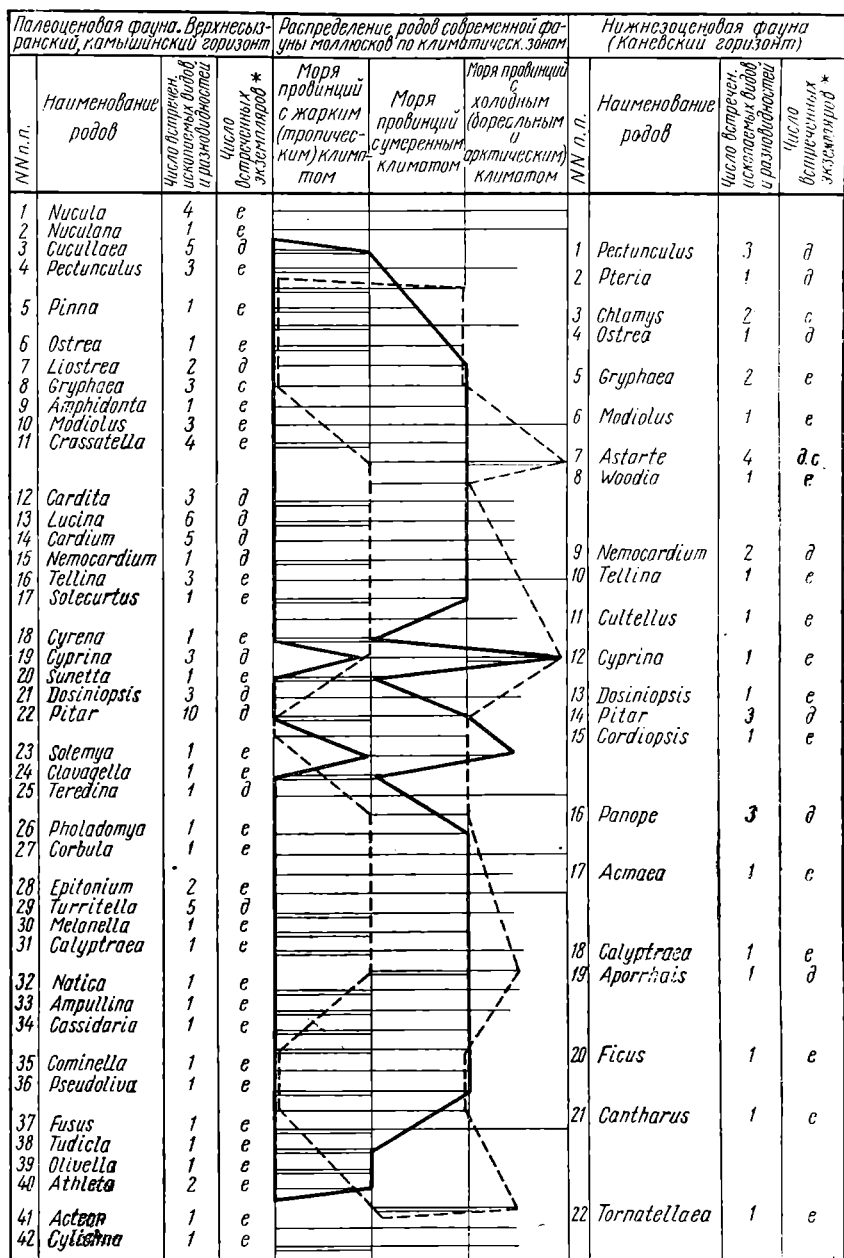


Рис. 16. Климатические условия палеоценового и нижнеэоценового бассейнов района сближения Волги и Дона, восстанавливаемые по фауне моллюсков. Теплый субтропический климат, приближающийся к тропическому, для палеоценового времени и теплый климат, приближающийся к умеренному, для нижнеэоценового.

Роды, распространенные во всех климатических провинциях, в графике не учитываются. Обозначения см. на рис. 15.

* e — единицы, d — десятки, d. c. — до сотни, c — сотни

ти в каждом слое выделить характерный комплекс и затем проследивать его изменения, которые для состава комплекса в целом протекают значительно быстрее, чем эволюция отдельных форм.

Именно комплексный палеогеографический метод позволяет изучать развитие целых бассейнов и населяющих их фаун, что блестяще было доказано еще Н. И. Андрусовым (рис. 17). Построенная на его основе стратиграфическая схема, отражающая смену событий в геологической истории исследуемого района и являющаяся выводом из этой истории, становится наиболее точной и наименее условной.

При применении комплексного палеогеографического метода работы ведутся в нескольких основных направлениях.

1. Выяснение обстановки образования осадков в ископаемом бассейне, включающее подробные литологические исследования, помогающие установлению деталей состава осадков.

2. Определение условий существования и образа жизни включенных в осадки ископаемых организмов, т. е. определение среды их обитания и отношения к данной среде. Сюда входят такие этапы:

- а) послонные сборы палеонтологического материала для последующего детального биостратиграфического расчленения отложений;

- б) систематическое изучение морфологии ископаемых организмов, проведение функционального анализа их особенностей и изучение онтогенетического развития;

- в) выяснение условий захоронения; количественный учет распространенности отдельных форм;

- г) выяснение образа жизни ископаемых организмов на основе изучения особенностей образования осадков и функционально-морфологического анализа строения каждой формы.

3. Выделение главнейших, наиболее распространенных типов фаций с приведением их литологической и палеонтологической характеристики.

4. Восстановление условий накопления осадков (и условий существования органических форм) каждой фации с выявлением распространения в пространстве и времени данной конкретной среды.

Для успешного восстановления условий осадконакопления в ископаемом бассейне важно знакомство с обстановками образования различных осадков в современном море, т. е. сравнительно-литологическое изучение отложений. Но этого еще недостаточно. Сравнительно-литологическое изучение должно быть дополнено исследованиями палеоэкологической обстановки, так как экологический подбор, например, донной морской фауны отражает не только батометрический уровень, характер дна, но и фи-

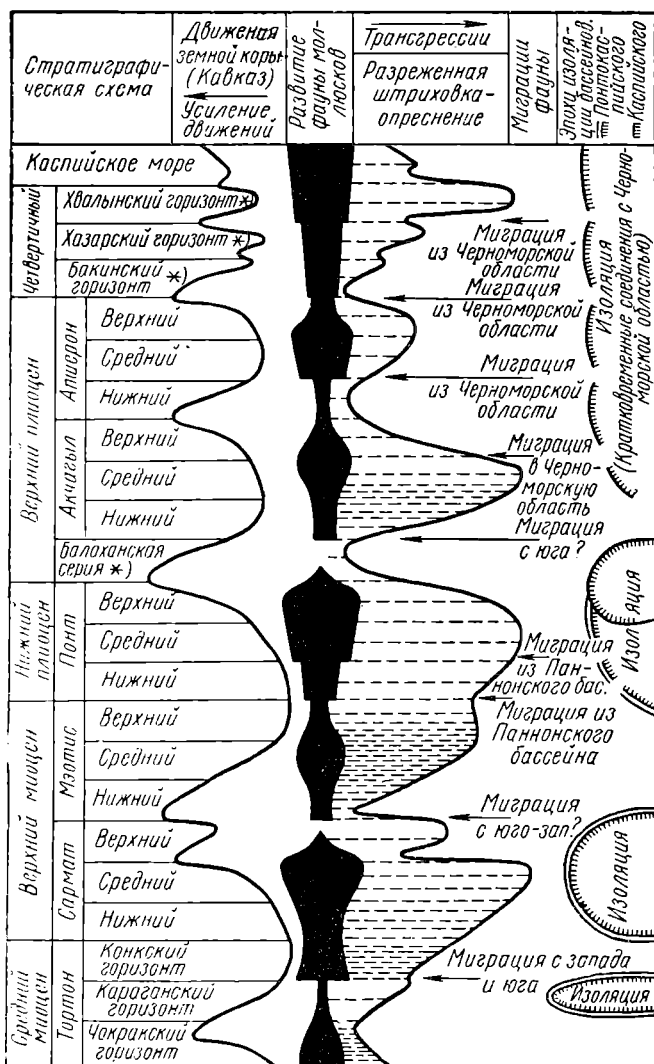


Рис. 17. Развитие неогеновых бассейнов юга СССР и населявшей их фауны моллюсков (по В. П. Колесникову из В. В. Меннера, 1953)

* У автора: «ярус».

зико-механические (температура, движение воды, инсоляция), физико-химические (солевой состав, концентрация водородных ионов, аэрация) и биотические факторы.

Каждая из основных фаций будет характеризоваться определенным экологическим составом фауны и условиями ее захоронения.

5. Как синтез всего материала — выяснение истории развития отдельных групп и комплексов организмов на фоне общего развития бассейна. Для освещения последнего вопроса необходимо обобщить все данные, касающиеся характеристики условий седиментации и их изменений. При этом желательно выяснить, при каких обстоятельствах и откуда начал поступать исходный материал для отложившихся толщ, в силу чего начался процесс осаждения материала, при каких условиях он стал переходить в породу.

Все это поможет определить для последовательно сменяющихся друг друга моментов контуры бассейна, распределение глубин, распространение течений, а также другие гидрологические элементы, направления сноса терригенного материала, пути миграции фаун и прочее. В результате наметятся более или менее крупные этапы в истории развития бассейна в целом, которые послужат основой для стратиграфического расчленения исследуемых отложений.

Одним из характерных примеров применения комплексного палеогеографического метода является изучение отложений среднего и верхнего карбона Подмосковной котловины, проведенное Е. А. Ивановой и И. В. Хворовой (Е. А. Иванова, 1947; 1949; Е. А. Иванова и И. В. Хворова, 1955). В результате специальных литологических исследований и изучения фауны брахиопод была восстановлена история развития бассейна, выяснены пути миграции фауны и дано обоснование биостратиграфическому расчленению отложений (рис. 18).

На территории почти всей Подмосковной котловины в раннекаменноугольную эпоху существовали морские условия. От верхнеамурского времени и, возможно, самого начала среднекаменноугольной эпохи не сохранилось отложений. Затем с востока началась среднекаменноугольная трансгрессия, не имевшая непосредственной связи с предыдущим бассейном.

Начальный трансгрессивный комплекс отложений, сложенный терригенными осадками, выделяется в верейский горизонт. В нем различаются песчаные слои, представляющие осадки литоральной области, и известковые слои, характеризующие фацию переслаивания (соответствующую малоуглубленной и незначительно удаленной от берега зоне). Изменение общего состава отложений снизу вверх и с востока на запад отражает последовательное наступание и углубление моря.

Вместе с морской трансгрессией с юго-востока в Подмосковский бассейн проникла довольно обильная фауна, представленная почти всеми группами морских животных, включающими, однако, немногочисленные виды. Разный темп распространения нашел отражение в более богатом видовом разнообразии верейских отложений по южной окраине бассейна, чем в северных районах. Наибольшая скорость распространения была у *Choristites inferus* Ivan., найденного почти во всех пунктах.

Дальнейшее расширение и углубление бассейна отражает каширский горизонт. Здесь широко развиты отложения зоны глубокого неритового моря с ультрагалинным режимом (фацция первичных доломитов). Только по южной окраине каширского бассейна развиты отложения мелкого моря с нормальным физико-химическим и гидродинамическим режимом (фацция переслаивания). Фацция органогенно-обломочных известняков и тонкие прослои конгломератов (следы большого обмеления) развиты незначительно, хотя в истории каширского времени отмечаются два периода сильного обмеления, обусловивших накопление терригенных, в том числе частично дельтовых, отложений, доходивших с юга почти до центральной части бассейна.

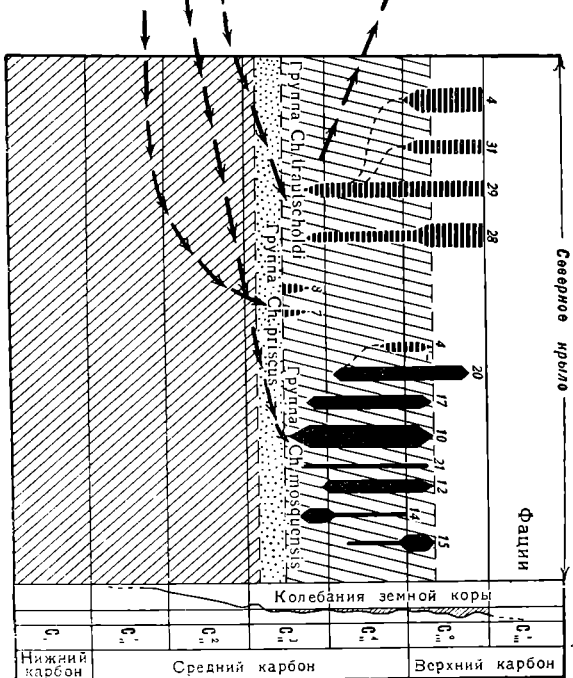
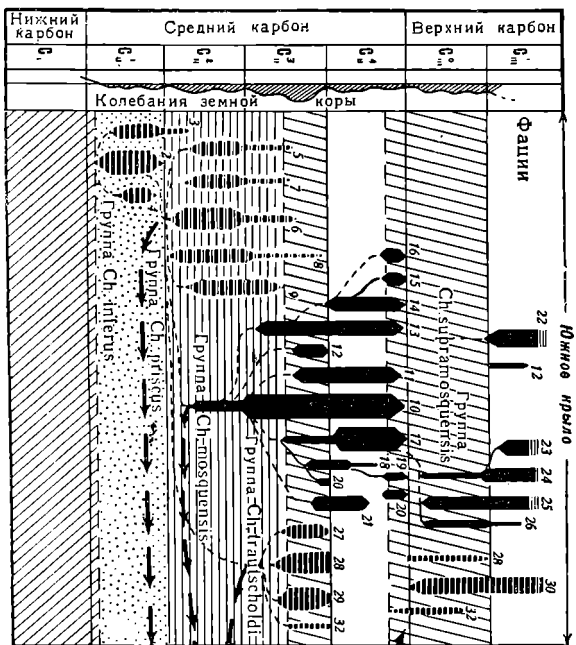
Так как ультрагалинный режим в центральной части могли вынести немногие виды, соответствующие ей отложения очень бедны органическими остатками. Обильная органическая жизнь сосредоточивалась по окраине бассейна, и здесь же происходило проникновение новых видов с востока. Продвижение стенопичных форм шло медленно из-за экологических барьеров.

В каширское время из брахиопод в Подмосковский бассейн проникают *Choristites priscus* Eichw., многие новые продуктыды, первый представитель *Neospirifer*. Другая часть фауны отражает последовательное развитие комплексов верейского времени.

В основании подольского горизонта фиксируются следы крупных физико-географических изменений. В подольское время сильно расширяется площадь бассейна, который на северо-востоке соединяется с Тиманским. Почти полностью исчезают участки с ультрагалинным режимом. Теперь широко распространены отложения зоны неритового мелководья с неустойчивым режимом (фацции переслаивания). Незначительно распространение зон повышенной гидродинамической деятельности и глубокого неритового моря (фацция шламовых известняков).

Подольское море широко соединялось с открытым океаном как на севере, так и на востоке и по физико-географическим условиям не очень отличалось от соседних участков мирового океана. Характерная особенность бассейна — развитие водорослевых биогермов в дугообразной полосе от Оки на Онегу и Северную Двину, видимо, шедшей параллельно береговой линии.

Фауна подольского бассейна обильна. В ней могут быть выделены автохтонные, местные группы, развившиеся из кашир-



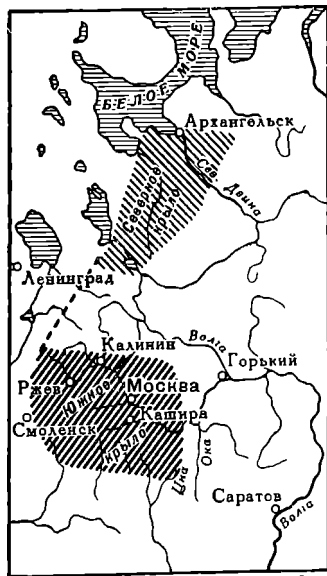


Рис. 18. Схемы развития и распространения брахиопод рода *Choristites* в Подмосковной котловине (Е. А. Иванова, 1947).

Ширина изображения видов брахиопод указывает на относительное количество экземпляров.

Сплошной линией соединены разновидности, пунктиром указаны предполагаемые генетические соотношения. Стрелки указывают направление миграции.

1 — известковые осадки, большей частью обломочные (отложения открытого бассейна с течениями); 2 — чередование известковых и глинистых осадков; 3 — чередование доломитовых, глинистых и известковых осадков (отложения бассейна с повышенной соленостью); 4 — чередование песчано-глинистых и известковых осадков (прибрежно-морские отложения); 5 — конгломераты, пески, глины или отсутствие осадков (континентальный период)

ских комплексов (некоторые представители *Choristites*, *Linoproductus*, *Chonetes*, *Enteletes*, *Derbyia* и др.), и новые, пришедшие из других бассейнов, не только с востока (*Choristites* ex gr. *trautscholdi* Stuck., *Neospirifer tegulatus* Trd. и др.), но и с севера.

Интересно, что общий комплекс подольского горизонта широко распространен и вне Подмосковной котловины и отмечен даже в Астурии. С другой стороны, в подольском бассейне встречаются (правда, немногочисленные) характерные космополитические формы наutilus и аммоноидей.

Мячковский горизонт отражает значительные перемены, приведшие к физико-географической обособленности Подмосковского бассейна от соседних и сильной специализации режима. Это было обусловлено, главным образом, усилением гидродинамической деятельности моря из-за развития течений и значительного обмеления. Широко распространяется фация органогенно-обломочных известняков, протягивающаяся дугообразной полосой по всей западной окраине бассейна (зона моря с постоянным движением воды). По внутреннему краю дуги располагалась зона глубокого неритового моря (фация шламовых известняков), в центральной части бассейна шло отложение химических известняков (остатки зоны с ультрагалинным режимом). Только в конце мячковского времени здесь появились отложения фации переслаивания, развитой по Северной Двине с его начала.

Мячковский фаунистический комплекс своеобразен. Резкое изменение режима в центральной части бассейна обусловило исчезновение ряда форм, хотя они продолжали существовать по его окраине (*Choristites* ex gr. *trautscholdi* Stuck., *Neospirifer tegulatus* Trd. и др.). Изменение условий повело также к развитию местных форм из числа перенесших происшедшие преобразования (наибольшее значение здесь имеет группа *Choristites mosquensis* Fisch.) (рис. 19). Специфический режим бассейна обусловил и относительно быструю распространения ряда прирастающих форм. Проникновение новых форм из соседних бассейнов было незначительным. На Окско-Цнинском валу отмечается появление *Chonetes dalmanoides* Nik., затем широко распространившегося в гжельское время.

В начале позднекаменноугольной эпохи в касимовское время связи Подмосковского бассейна с Тиманским на севере и Донецким на юге столь укрепляются, что повсюду отмечается единство фаунистических комплексов. Выделяется широкое развитие фации переслаивания. В фациальном отношении отложения касимовского горизонта различны в западной и восточной частях бассейна. На западе, кроме фации переслаивания, более или менее широко развиты фации шламовых известняков, значительно меньше — первичные доломиты и органоген-

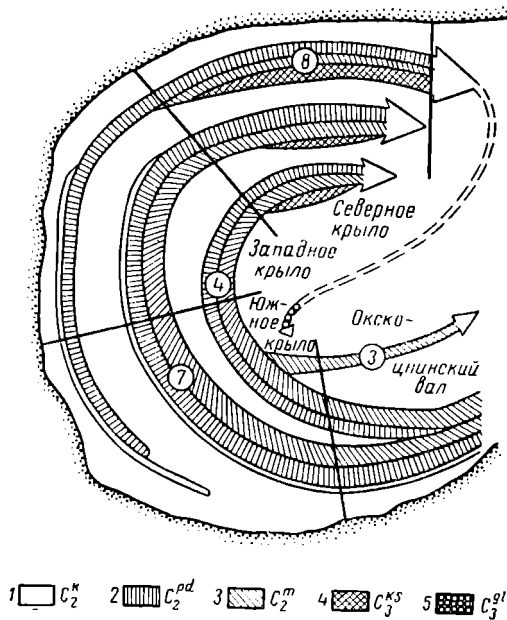


Рис. 19. Схема распространения группы *Choristites mosquensis* Fisch. в Подмосковном бассейне (Е. А. Иванова, 1949).

Горизонты: 1 — каширский; 2 — подольский; 3 — мячковский; 4 — касимовский; 5 — гжельский

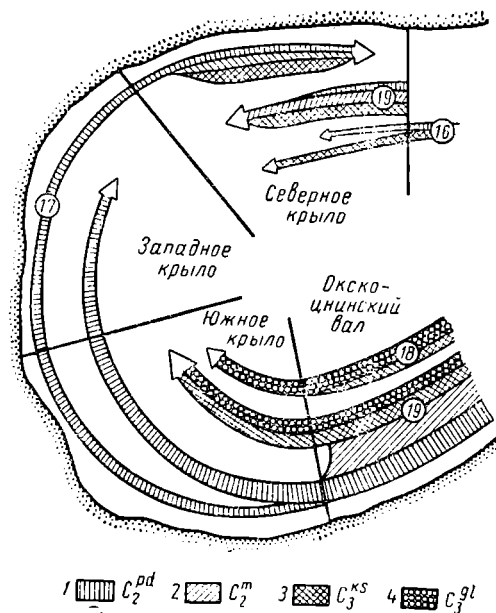


Рис. 20. Схема распространения группы *Choristites trautscholdi* Stuck. в Подмосковном бассейне (Е. А. Иванова, 1949).

Горизонты: 1 — подольский; 2 — мячковский; 3 — касимовский; 4 — гжельский

но-обломочные известняки. На востоке после фации переслаивания больше всего развиты обломочные известняки, отражающие распространение менее спокойных областей моря, чем в западной части.

С начала касимовского времени происходит исчезновение старых представителей фауны, особенно местных, специализированных форм, и в первую очередь группы *Choristites mosquensis* Fisch. Это исчезновение шло не одновременно на разных участках и не было резким. Параллельно с этим отмечается проникновение новых форм, что к середине касимовского времени привело к полному обновлению фаунистических комплексов. На севере появляются *Muir — woodia*, новый вид *Neospirifer*, *Brachythyris ufensis* Tschern. и др. С распространением фации переслаивания по всему бассейну снова повсеместно расселяется группа *Choristites trautscholdi* Stuck., имевшая в мячковское время узколокальное распространение (рис. 20).

Отложения гжельского горизонта в главной массе сильно изменены, вследствие чего труднее восстанавливается их фациальная характеристика, хотя фауна гжельского века очень обильна и разнообразна.

В целом из всех зон Подмосковного каменноугольного бассейна наиболее благоприятной для распространения органических форм была зона прибрежного мелководья, по которой в основном шло проникновение и расселение представителей новых фаун.

ОСЛОЖНЯЮЩИЕ МОМЕНТЫ В ПРИМЕНЕНИИ БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Аномальный состав органических комплексов

В принципе все, о чем будет говориться ниже, приложимо как к фаунистическим, так и к флористическим комплексам. Но поскольку все типичные отклонения впервые были установлены на фаунистическом материале и подавляющее (если не исключительное) число примеров основывается на нем, при дальнейшем изложении в подзаголовках будут упоминаться только фауны.

Фауны смешанного характера. Явление это не столь часто, но все же отмечено на разных территориях и для разных по возрасту отложений. Выражается оно в том, что в фаунистических комплексах отдельных, обычно маломощных слоев (почти всегда органогенного происхождения) обнаруживаются сочетания таких групп видов, которые по другим разрезам распределяются между несколькими (двумя-тремя) последовательно сменяющимися друг друга стратиграфическими единицами. Эти слои чаще носят характер линз или гнезд. Появление смешанных

фаун может объясняться переотложением, о чем будет сказано в конце раздела. Но в данном случае имеются в виду органические комплексы, в которых сконцентрировались разновозрастные элементы вследствие отсутствия приноса или недостаточного приноса осадочного материала для их погребения в течение длительного срока при наличии условий, не способствующих полному уничтожению скелетных образований. Так, в Центральных Гималаях верхнетриасовые отложения, содержащие ископаемых у Калапани, Кути и других мест, представлены всего метровым слоем, тогда как на обширных пространствах обладают большой мощностью и хорошо поддаются расчленению. Из 155 видов аммонитов, встреченных в данном слое, 27 характерны для карнийского яруса (причем совместно встречаются представители двух зон), а почти все остальные для норийского яруса (также в других разрезах распределяющиеся по трем зонам).

В пропластке бурых железистых оолитов у Балина, в области развития юры Кракова, мощность которого составляет от 0,5 до 1,25 м, Неймайром была собрана коллекция аммонитов, насчитывающая более 3000 экземпляров. Из 66 определенных отсюда видов 51 распределяется в других местах по пяти различным зонам, охватывающим верхний бат, келловей и нижний оксфорд. Большинство исследователей этого интересного местонахождения склонно было объяснять смешанный характер фауны особенностями процесса осадконакопления в данном месте.

Эндемичные фауны. Имеют узкоограниченные ареалы распространения, что выделяет их среди наиболее широко развитых комплексов, характерных для данного отрезка геологического времени. Естественно, что наличие в тех или иных отложениях эндемичных органических комплексов затрудняет сопоставление их с отложениями, в которых известны руководящие комплексы для данной стратиграфической единицы.

Наиболее наглядными примерами явления эндемизма будут примеры, взятые из современной жизни. Так, эндемичной является коренная фауна млекопитающих Австралии (не считая завезенных европейцами форм). Это фауна реликтовая, представляющая небольшую часть некогда широко развитых фаун. Но не все реликты обязательно должны иметь узкое распространение. Более древние формы среди морских фаун, вытесненные в свое время на большие глубины, часто обладают здесь очень широким ареалом.

Эндемичными также являются фауны озера Байкал (около 76% эндемичных форм) и озера Танганьика (73—75% эндемиков). Но их эндемичность объясняется ранней изоляцией и последующим развитием в ограниченной области.

Таким образом, можно различать палеоэндемизм, или реликтовый эндемизм, когда на сравнительно ограни-

ченных площадях сохраняются остатки прежде широко распространенных фаун. Классический пример палеоэндемизма был приведен раньше с фауной млекопитающих Австралии. Другим видом эндемизма является неоэндемизм, когда молодые органические комплексы попадают в условия географической изоляции на небольших территориях и не успевают расширить свой первоначальный ареал. Тем не менее сложившиеся на этих территориях физико-географические условия часто способствуют быстрому развитию изолированных форм, сопровождающемуся вспышками видообразования. Так, например, можно указать на широкое развитие неоэндемичных видов в верхнем палеоцене Поволжья. Эндемизм ископаемых форм обычно связан с явлениями изоляции и своеобразием фациальных обстановок. Так, палеоценовый бассейн Поволжья представлял ограниченную «заливовобразную» часть Средиземноморского широтного бассейна, вдававшуюся в меридиональном направлении далеко к северу. Благодаря специфическим палеогеографическим условиям проникавшие сюда представители характерного танетского комплекса, развитого в широтном бассейне, дали начало многим эндемичным волжским видам.

Из всего сказанного ясно, что корреляция по эндемичным комплексам очень затруднительна. Приходится прибегать к тем элементам в составе эндемичных комплексов, которые все же имеют более широкое географическое распространение. И сколько бы это ни казалось недостаточным, ориентироваться приходится на эти элементы. Комплексы, нацело состоящие из эндемичных форм, прямо несопоставимы с другими комплексами (иногда может помогать сопоставление не по тождеству, а по сходству отдельных признаков). Могут встречаться случаи, когда не все виды в комплексе узко эндемичны, а эндемично само сочетание их в данном комплексе. В иных случаях одни группы в комплексе могут быть представлены эндемичными видами, а другие более распространенными. Например, в афанитовых известняках ахунговской свиты (швагериновый горизонт) эндемичны представители брахиопод, а аммоноидеи и фораминиферы не эндемичны. Все эти исключения дают возможность находить хотя бы минимальный материал для сопоставлений.

Суперститовые фауны. Суперститовыми (или реликтовыми) фаунами называются фауны более древнего облика (чем следовало ему быть по их стратиграфическому положению), встречающиеся среди довольно широко развитых комплексов форм более молодого облика.

Обычно суперститовые фауны представляют ассоциации видов, являющиеся остатками ранее широко распространенных групп. Из сказанного следует, что суперститовые фауны эндемичны. Однако эти понятия — не синонимы. Палеоэндемичные формы и комплексы будут являться суперститовыми, но неоэндемич-

ные не будут таковыми. Примером современных суперститовых фаун может служить уже упоминавшаяся коренная фауна млекопитающих Австралии. Суперститовыми формами будут новозеландская гаттерия из подкласса клювоголовых, а также растительный реликт *Ginkgo biloba*.

Понятие о суперститовых фаунах было введено Ф. Фрехом на примере, который впоследствии оказался ошибочным. В разрезе Вольф в Карнийских Альпах им было отмечено следующее: между слоями с богатой фауной амmonoидей, относящихся к самым низам нижнего девона, и рифовыми известняками средней части нижнего девона находились прослойки с *Rhynchonella me-gaera*, фаунистический комплекс которых носил силурийский характер. Этот комплекс и был выделен Фрехом как суперститовый. Однако впоследствии выяснилось, что здесь имеется ряд чешуй, и действительно силурийские отложения зажаты между девонскими. Тем не менее понятие, введенное Фрехом, сохранилось, а затем были встречены и верные примеры этого явления.

С чем же связано наличие суперститовых фаун? Оно связано с сохранением более или менее неизменных физико-географических условий на ограниченных территориях (при значительной перемене их на окружающих площадях) и с отсутствием внедрения сюда новых иммигрантов. По Б. П. Жижченко, можно различать следующие вариации суперститовых фаун.

Собственно суперститовые (собственно запоздалые) фауны, причины появления которых изложены выше. К ним относятся, например, фаунистические комплексы побережья Каспийского моря между полуостровом Мангышлак и заливом Кара-Богаз-Гол, где М. М. Жуковым (1946) были встречены дожившие до настоящего времени, в силу сохранения специфических условий, близких к широко распространенным в прошлом, хвалынские, хозарские и даже бакинские формы, считавшиеся уже вымершими (*Didacna praetrigonoides*, *D. crassa*, *D. aff. catillus*, *D. aff. rudis*). Другой пример указан Лаусоном в окрестностях Санта-Каталина на калифорнийском побережье, где в прибрежной зоне до сих пор живут шесть видов плейстоценовых морских моллюсков, встречающихся в остальной Калифорнии только в ископаемом состоянии.

Криптосуперститовые (скрытозапоздалые) фауны, имеющие более древний облик не из-за полной неизменности прежних условий, а в силу географической изоляции крупных районов их распространения, что способствовало сохранению данных комплексов в течение долгого времени. Примерами этого типа фаун могут служить современная фауна Каспийского моря, современная фауна наземных позвоночных Австралии. К ним могут быть отнесены фаунистические комплексы динозавров из Зибенгебюргена и Южной Франции, где в верхах меловой системы встречены формы, обладающие рядом примитивных

признаков и похожие по степени специализации на нижнемеловые (вельдские) формы. Причиной сохранения этих фаунистических комплексов является географическая изоляция области их развития позднемеловой трансгрессией.

Псевдосуперститовые (ложнозапоздалые) фауны, которые производят только впечатление более древних из-за развития в условиях, близких к существовавшим в прежние времена на других территориях. Общность определенных отпечатков, накладываемых сходными условиями, делает эти фауны внешне схожими. Например, фауна фораминифер Индо-Тихоокеанской провинции имеет черты сходства с эоценовой фауной фораминифер Западной Европы, что даже давало повод одно время считать эоценовую фауну Европы предковой по отношению к современной индотихоокеанской, затратившей якобы колоссальное время (с эоцена) на расселение в новую географическую область.

Колониальные фауны. В противоположность суперститовым фаунам колониальные содержат элементы более молодого облика, встречающиеся среди области распространения более древних фаун. Это связано с появлением новых элементов на более низком стратиграфическом уровне, чем тот, к которому приурочено их привычное нахождение. Ясно, что здесь они распространены спорадически (как бы отдельными колониями поселенцев), в то время как массовое развитие получают несколько позже. Термин «колониальные фауны», введенный И. Баррандом, очень неудачен, так как невольно вызывает представление о живущих колониями организмах, наподобие кораллов. Однако не более удачен и предложенный Б. П. Жижченко (1958) взамен ему термин «колонизаторские фауны», вследствие чего нами сохраняется первоначальный.

К установлению данного понятия Барранд пришел, исследуя палеозойские отложения Богемии. Им было отмечено появление силурийских граптолитов среди ордовикской фауны (в то время, до разделения силурийской системы на ордовикскую и собственно силурийскую, это выглядело как развитие верхнесилурийских форм среди нижнесилурийских). В данном случае, как и при установлении суперститовых фаун, было просмотрено нарушенное залегание слоев благодаря тектоническим подвижкам, и, следовательно, действительно силурийские породы с граптолитами оказались здесь внедренными среди ордовикских. По Барранду же получалось, что слои с колониальной фауной стратиграфически выше сменяются отложениями с комплексами более древнего облика. Сам Дарвин считал баррандовские «колонии» наиболее заметным кажущимся исключением из установленного им положения, что если вид или другая таксономическая единица исчезли, то снова появиться не могут. Представления Барранда, таким образом, противоречили необратимости эволюции. И Дар-

вин склонен был считать, что в подобных случаях новый комплекс не сменяется снова старым, а уходит, мигрирует в другую географическую область, в то время как старый продолжает существовать на данной территории.

Следовательно, колониальными фаунами нужно считать такие, которые первоначально образовались на ограниченных территориях, а в связи с распространением в более позднее время сходных (со сложившимися там) физико-географических условий на обширные пространства широко на них расселились. В местах своего первоначального образования эти новые элементы в окружении старых комплексов и будут производить впечатление более молодых, являясь здесь, по определению Б. П. Жижченко, ложнопреждевременными. Примером подобных фаун могут служить представители комплекса конгериевых слоев, характерных для понтического горизонта Дунайско-Черноморско-Каспийского бассейна, встреченные в пределах Венского бассейна в сарматском ярусе.

Конечно, точного совпадения внешних условий, свойственных ограниченному территориям, с условиями, распространившимися на обширные области, быть не может, так как в какой-то степени при подобном распространении эти условия будут изменяться. Также и распространяющиеся вслед за ними новые фаунистические комплексы начнут изменяться и в связи с видоизменениями окружающих условий, и благодаря смешению с родственными комплексами. Поэтому колониальные фауны в точности не совпадают с широко развитыми сходными фаунами на более высоком стратиграфическом уровне, а содержат с ними некоторые общие элементы.

Рекуррентные фауны. К рекуррентным фаунам относятся повторно появляющиеся одни и те же комплексы на разных стратиграфических уровнях.

Понятие это было введено Г. Виллиамсом в 1882 г. при описании фаунистических комплексов теребратулид из девонских отложений штата Нью-Йорк. Оказалось, что комплекс среднедевонских гамилтонских слоев до трех раз повторяется в вышележащих верхнедевонских отложениях. Появление этого комплекса связано с маломощными (до нескольких дециметров) пластами, разделенными мощными отложениями, богатыми ископаемыми организмами. Различие в фаунистической характеристике повторяющихся прослоев и слоев, прилегающих к ним в кровле и подошве, не очень существенно и указывает в первую очередь на некоторые изменения внешних условий при их смене.

Следовательно, рекуррентность фаун связана с миграцией фаций, с повторением в разрезе фаций, благоприятных для соответствующих комплексов.

Комплекс теребратулид, в приведенном примере, первоначально датированный как среднедевонский (гамилтонский), на

самом деле имел больший вертикальный диапазон. Его специфичность была обусловлена, в первую очередь, не возрастными, а фаціальными причинами. Поэтому он и стал повторяться в сходных фаціальных обстановках в верхнем девоне.

К. Динер (1934) склонен рассматривать рекуррентную фауну как вытесненную из ее первоначального обитания в силу изменившихся там условий и затем снова вернувшуюся на старое место (при смене условий на прежние), не претерпев за протекший отрезок времени радикальных изменений, тогда как остальная фауна этой области заметно изменяется. Отсюда характерным для рекуррентных фаун, по его мнению, является постоянство облика и ассоциации слагающих элементов.

Появление рекуррентных комплексов вблизи границ между стратиграфическими подразделениями особенно затрудняет установление этих границ. Так, в свое время на границе меловой и палеогеновой систем в Малых Пиренеях был выделен гарронский «ярус», который охватывал переходную толщу от маастрихтских мергелистых и глинистых отложений внизу до монских известняков вверх.

В верхнегарронском «подъярусе», в его средней и верхней частях, среди палеогеновых (монских) видов моллюсков встречались комплексы форм, известных с мела, присутствие которых здесь благодаря рекурренции вносило много осложнений в установление границы.

Особенно часто явление рекурренции наблюдается в толщах с ритмичным чередованием отложений, обладающих резко различной фаціальной характеристикой. Так, в разрезе карбона Донбасса, где многократно чередуются сравнительно маломощные морские известняковые и прибрежные угленосные отложения, сходные комплексы морских форм повторяются в нескольких известняковых горизонтах. Иногда же можно наблюдать не только рекуррентность отдельных комплексов, но и прерывистое стратиграфическое распространение отдельных форм. Так, *Productus gorlovskensis* Lich., встречаясь в нескольких последовательных известняковых горизонтах, из разреза исчезает, а затем появляется снова после более или менее значительного перерыва.

Однако не все исследователи склонны рассматривать рекуррентную фауну как фауну гомогенную. Так, Л. Л. Халфин (1960) указывает, что рекуррентные фауны могут быть тождественными тогда, когда уходят с исследуемой территории на короткий срок, в течение которого не успевают измениться. Чаще они являются не тождественными ассоциациями, а близкими, генетически связанными, отражающими отдельные этапы эволюции входящих в них групп. Вступает в миграцию и пребывает в ней фауна не как нечто гомогенное, а как эволюционирующая совокупность организмов.

Поэтому к рекуррентным можно причислить не вполне тождественные, а близкие по облику комплексы, повторяющиеся в сходных фациальных обстановках на разных стратиграфических уровнях. Так, в доманиковой фации, развитой в девонских отложениях на востоке Русской платформы и в Приуралье и представленной переслаивающимися темными битуминозными сланцами и известняками, известны сходные комплексы, относящиеся к живетскому, франскому и фаменскому ярусам. Конечно, здесь нет общего видового состава, а отмечается общий родовой состав и облик комплексов.

Иногда рекуррентность может наблюдаться в связи с чередованием разных условий сохранения органических остатков за время формирования какой-либо толщи (т. е. с избирательным характером ископаемых сообществ). Возьмем грубый пример. Пусть во время формирования определенной толщи в районе ее распространения был развит фаунистический комплекс, представленный толстостенными грифеями и тонкостенными люцинами. Представители обоих родов захоронялись в продолжение всего формирования толщи. Однако в течение двух интервалов времени физико-химические условия при захоронении менялись таким образом, что шло интенсивное растворение отмерших раковин. Толстостенные грифеи все же сохранялись и при этом, а тонкостенные люцины уничтожались нацело. Тогда в настоящее время в разрезе можно будет наблюдать следующую картину. В самом нижнем слое присутствуют грифеи и люцины. Во втором слое — одни грифеи. В третьем слое — опять грифеи и люцины, в четвертом — только грифеи, в пятом — снова представители обоих родов вместе. На фоне непрерывающегося распространения в данной толще грифей люцины то появляются, то исчезают. Это, конечно, может относиться не к двум единичным родам, а к целым ассоциациям. Поэтому исчезающий попеременно комплекс будет выглядеть рекуррентным.

Важно отметить, что во всех случаях рекуррентности фаун отражает рекуррентность фаций.

Криптогенные фауны. Криптогенными называются комплексы организмов, приуроченные к определенному стратиграфическому уровню и филогенетически не связанные с комплексами из непосредственно подстилающих слоев. Представление о них введено М. Неймайром.

Появление криптогенных фаун затрудняет применение эволюционных методов. Становится необходимым выяснить пути проникновения криптогенных комплексов на исследуемую территорию. В основном, можно предполагать два варианта появления криптогенных фаун.

Первый вариант, пользующийся большим признанием, намен в гипотезе иммиграции Ч. Ляйеля. Та фауна, которая в исследуемом районе выглядит криптогенной, развивается в другой

области (в другом бассейне или в другой изолированной части бассейна) и затем, сформировавшись, мигрирует в данную область в соответствующий геологический момент. Следовательно, появление криптогенных комплексов связано с проникновением определенных органических групп из другой области (другого бассейна), с которой у данной области имеется постоянная или устанавливается в определенные моменты кратковременная связь.

Второй вариант излагается в гипотезе убежищ (азилей) Э. Зюсса. Этот вариант заслуживает рассмотрения в тех случаях, когда более или менее близкие родственные формы по отношению к входящим в криптогенный комплекс встречаются не в непосредственно подстилающих отложениях, а еще ниже. Криптогенные и предковые по отношению к ним комплексы разделены отложениями, в которых широко распространенные органические формы не представляют промежуточных звеньев между ними. В этом случае можно предположить, что с наступлением на определенном рубеже неблагоприятных условий предковые (по отношению к криптогенным) комплексы повсеместно исчезают на исследуемой территории, сохраняясь только в каких-либо изолированных, несоизмеримо малых по площади участках, где остаются почти неизменными прежние условия. Эти участки и будут являться убежищами, в которых представители старых фаун переживают неблагоприятную обстановку, а затем вновь широко расселяются при последующей смене условий на близкие к первоначальным.

Конечно, и в этом случае можно считать, что прежняя фауна с наступлением неблагоприятных условий уходит с данной территории, а затем, несколько видоизмененная, опять возвращается. Оба варианта возможны и не исключают, а дополняют друг друга.

Отсюда необходимо учитывать следующее: а) при отсутствии возможности доказать появление криптогенных комплексов путем иммиграции можно объяснить его сохранением предковых форм в убежищах (азилях); б) площадь самих убежищ столь мала по сравнению с территорией широкого расселения, что их очень трудно обнаружить в ископаемом состоянии (это не должно приводить к разочарованию); в) встреченные в ископаемых убежищах комплексы чаще всего будут выглядеть суперститовыми; г) наличие убежищ в прошлом может до некоторой степени подтверждаться наличием их в настоящее время.

В качестве примера криптогенных комплексов можно привести следующий. В Прикаспийской области акчагыльские отложения содержат специфический фаунистический комплекс, основную роль в котором играют представители кардид, мактрид, церитид. Судя по этому комплексу, бассейн, в котором он развивался, имел почти нормальную соленость с небольшим отклоне-

нием в сторону опреснения. В подстилающих понтических слоях фаунистический комплекс резко отличен. Отсутствуют представители мактрид и церитид. Кардиды представлены другими родами, отмечается отсутствие полного озубления. Характер этого комплекса говорит о солоноватоводном бассейне (с ненормальной соленостью). Естественно, предковых форм по отношению к представителю акчагыльского комплекса там нет.

Эти предковые формы обнаруживаются в еще более ниже лежащих отложениях сарматского яруса. Каким же образом криптогенный в данной области акчагыльский комплекс был связан с сарматской фауной? Где развивались промежуточные звенья? На тех территориях, на которых сохраняются не только отложения понтического горизонта, но киммерийского и куюльницкого, фауна во всех этих подразделениях однотипна с понтической. Имеются указания, что новый понтический облик фаунистических комплексов начал складываться с верхнего сармата.

Таким образом, появление на рассматриваемой территории акчагыльского комплекса можно было бы объяснять кратковременной связью акчагыльского бассейна со средиземноморским, в котором шла эволюция органических форм в условиях нормальной солености, в то время как в Прикаспии от сармата до акчагыла существовали отличные условия. Многие исследователи считали, что связь акчагыльского и средиземноморского бассейнов осуществлялась либо через Черноморскую область с запада, либо с севера (бореальная трансгрессия), либо с юго-востока (из области Персидского залива), но доказательств этому не было. В то же время еще Н. И. Андрусов указывал, что характер акчагыльской фауны не свидетельствует об океаническом соединении соответствующих бассейнов. В ней нет аналогий с известными морскими плиоценовыми фаунами Европы и Южной Азии. Поэтому он допускал, что в Понто-Каспийской области могли быть участки, в которых те или иные виды переживали неблагоприятное время широкого распространения условий ненормальной солености. Но такие убежища им указаны не были. И. М. Губкин упоминал о вероятном убежище сарматской фауны от мзотиса и понта до акчагыла в районе р. Сулака, в северо-восточных предгорьях Кавказа, но не обосновал это фактическим материалом.

Для подтверждения правильности гипотезы убежищ, существовавших в прошлом, важно найти такие участки в современных условиях, которые можно было бы считать убежищами для сравнительно недавно распространенных фаунистических комплексов. Несколько типов подобных убежищ указывается М. М. Жуковым (1946).

Лиманный тип убежища можно найти в современном Черном море, фауна которого имеет средиземноморский облик, что естественно, так как оно непосредственно связано со Среди-

земным. Однако на дне Черного моря под современными илами с представителями современной фауны залегают новозевксинские слои, относящиеся к позднеплейстоценовому времени, в которых распространены комплексы, напоминающие современную каспийскую фауну. Следовательно, условия новозевксинского бассейна были близки современным каспийским, отличающимся сильно пониженной соленостью. После соединения этого бассейна со Средиземноморским новозевксинская фауна вымерла из-за повышения солености, а через Босфорский пролив проникла и расселилась по Черному морю современная фауна. Но, как выяснилось, представители новозевксинской фауны исчезли не полностью. В устьевых частях крупных рек, в лиманах Дуная, Днестра, Днепра, Дона сохранились живые представители новозевксинской фауны: монодакны, дрейссензии, микромелании. Здесь из-за притока большого количества пресной воды соленость очень низкая, и условия обитания моллюсков близки к новозевксинским. Эти лиманы с населяющей их фауной каспийского облика, отличной от фауны остального Черного моря, можно рассматривать как убежища для новозевксинских представителей. Площадь их ничтожна по сравнению с площадью всего Черного моря. Если же Черное море вновь отчленилось бы от Средиземного моря и стало опресняться, то его современная фауна в значительной части вымерла, а новозевксинские реликты начали бы широко распространяться.

Убежище у открытого побережья хорошо иллюстрируется участком восточного побережья современного Каспийского моря от полуострова Мангышлак до залива Кара-Богаз-Гол. Если в большей части Каспия соленость составляет около 7,5‰, то здесь, как и в южном Каспии, она достигает 15‰, близко подходя к солености Черного моря (18‰). Поэтому, если на северном, северо-восточном и западном побережье Каспия состав пляжевого ракушняка очень однообразен, беден в количественном и видовом отношении, а представители его несут следы угнетения от опреснения, то на указанном выше отрезке все резко отлично. Здесь встречаются крупные, толстостворчатые, пышные для Каспия формы с уцелевшей иногда окраской раковин. Но главное, это сохранение в виде реликтов дидакн хвалынского, хозарского и даже бакинского времени (см. выше пример собственно суперститовых фаун). Они уже исчезли с широких просторов Каспия и сохранились здесь, в узкой прибрежной зоне, благодаря наличию условий, характерных, по-видимому, для всего Каспия в прежние эпохи: вода средней (в два раза большей, чем в остальном Каспии) солености, прозрачность, незагрязненность, чистый песчаный грунт и другие. Сохранению этой обстановки здесь способствовали специфические условия динамики водной массы. Это побережье не достигают опресненные воды, вносимые крупными реками; северные морские тече-

ния обходят его; здесь нет стока пресных вод с суши (рядом полупустынный Устюрт); ветры с востока отгоняют поверхностные слои воды, а снизу поднимаются в виде компенсационного течения относительно более соленые воды из глубин.

Особенность этого типа убежища состоит в том, что оно морфологически не изолировано от остальной поверхности моря. Площадь его также очень мала по сравнению со всем бассейном. Возникает оно, видимо, реже первого типа. Но если бы в силу тех или иных причин Каспийское море начало сильно осолоняться, его современная фауна вымерла бы, а сохранившиеся у восточного побережья формы начали широко расселяться по бассейну.

Убежище в реликтовых озерах представляет озеро Челкар в 65 км к юго-юго-востоку от г. Уральска. В свое время территория его входила в залив или бухту хвалынского Каспия, отшнуровавшуюся в одну из фаз отступления. Берег моря ушел больше, чем на 100 км к югу, а в озере остались запертыми представители хвалынской фауны. Благодаря тому, что в паводок это озеро сравнительно недавно стало проточным, воды его несколько опреснились, что привело к вымиранию некоторых форм, сохранившихся сейчас в виде ископаемых лишь в отложениях озерной террасы. К ним относятся прежде широко развитые крупные дрейссензии (*Dreissensia polymorpha*) и монодакны (*Monodacna caspia*), в 2,5 раза больших размеров, чем в Каспии. Последняя характеризуется сильно варьирующей формой ее представителей, появлением неустойчивых, незакрепленных признаков, свидетельствующих о мутационной вспышке, связанной с резким изменением внешней обстановки. Но, помимо этих недавно еще живших форм, в озере сейчас широко развиты приспособившиеся к опреснению дрейссензии, гидробии, а также сельдь *Clupea cultrivensis*, отсутствующая ныне в Каспии, но распространенная в Азовском море. Озеро Челкар — реликт хвалынского бассейна, таким образом, стало убежищем для хвалынской фауны. Площадь его при диаметре в 14—18 км мизерна по сравнению с площадью Каспия. Но если бы Каспий снова трансгрессировал, несколько повысив соленость, и захватил это озеро, пережившая неблагоприятные условия фауна в нем начала бы расселяться, способствуя широкому распространению в бассейне крупных монодакн и азовского типа сельдей.

Неполнота геологической летописи

В связи с выяснением значения неполноты геологической летописи для стратиграфических исследований приведем указания Дарвина на то, что положительным свидетельствам палеонтологии можно верить всецело, отрицательные же свидетельства силы не имеют. Например, если в каком-то слое встречен

Inoceramus lamarcki (положительное свидетельство), то можно считать, что этот слой относится к туронскому ярусу. Если же данного вида и вообще никаких других форм, характерных для иных ярусов, не встречено, то это еще не значит, что этот слой не относится к туронскому ярусу.

Как отмечалось в первой главе, Дарвин очень подробно показал, чем обуславливается неполнота геологической летописи, которую стало необходимым все больше и больше учитывать в стратиграфических работах. С развитием и успехами биостратиграфии в последние десятилетия появилась потребность в изучении закономерностей захоронения организмов и органических комплексов.

В 1940 г. советским палеонтологом Иваном Антоновичем Ефремовым была выделена новая отрасль палеонтологических знаний — тафономия. Тафономия (гр. тафо — захоронять, номос — закон) представляет изучение закономерностей захоронения и образования местонахождений ископаемых животных и растений. Рассматривая закономерности перехода органических остатков из биосферы в литосферу, тафономия занимает как бы пограничную область между геологией и биологией. А каждое местонахождение становится, по образному выражению Ефремова, окном, которое через литосферу дает возможность уловить тени биосферы прошлого.

Объяснение закономерностей захоронения органических комплексов потребовало в свою очередь выяснения закономерностей сохранения самих осадков во времени, что дало начало еще одной отрасли геологических знаний — литолеймономии. Литолеймономия (от литос — камень; леймма — остаток; номос — закон) изучает закономерности сохранения осадков (осадочных толщ), рассматривая известные в настоящее время отложения, как остатки действительно широко распространенных ранее осадочных комплексов, уцелевших закономерным путем при разрушении на протяжении долгого (с момента выхода на поверхность Земли) времени.

Таким образом, литолеймономия по отношению к исторической геологии занимает такое же место, как тафономия по отношению к палеонтологии.

Ефремов посвятил свои труды выяснению закономерностей захоронения преимущественно древнейших позвоночных в континентальных отложениях. Приложение тафономии к анализу геологической летописи морских отложений он считал последующей ступенью.

Так как неполнота геологической летописи очень наглядна на примере изучения континентальных отложений и фаун прошлого, вкратце необходимо остановиться на этом, чтобы уяснить, какие практические выводы могут быть сделаны из учета неполноты геологической летописи.

Давно подмеченное отсутствие или редкая встречаемость континентальных фаций среди наиболее древних систем обычно объяснялись нашим неумением различать их в мощных толщах древних наслоений. По мере же продвижения вверх по стратиграфической шкале наблюдалось расширение площадей распространения континентальных образований и закономерное проникновение областей захоронения наземных животных все глубже внутрь материков. Анализ накопившегося материала привел к выводу, что имеется, во-первых, закономерное отсутствие ряда материковых фаций в геологической летописи и, во-вторых, закономерное сохранение определенных континентальных толщ во времени.

До недавнего момента геология, как правило, занималась только конструктивной стороной геологических процессов. Деструктивная сторона — разрушающее и уничтожающее действие этих процессов — оставалась малоосвещенной. Исследование ее показало, что отсутствие данных о целом ряде континентальных обстановок в более древних отложениях связано не со случайно уничтоженными обрывками. Исчезновение страниц геологической летописи шло закономерно. Зная эти закономерности, можно сказать, какие именно листы в ней вырваны и подверглись уничтожению. Поэтому для тафономии очень важно познание закономерностей сохранения континентальных отложений.

Деструктивная сторона геологических процессов действует преимущественно на субаэральной поверхности материков. Направлена она на уничтожение и этой поверхности, и отложений, залегающих в возвышенных областях над уровнем моря. Основная разрушительная сила деструктивных процессов заключается в действии атмосферных агентов и в силе тяжести, сопряженной с действием текучих вод. Поэтому эти процессы идут тем интенсивнее, чем выше над базисом эрозии расположены денудированные области. Вследствие этого наблюдается ступенчато-поясное расположение отложений разрушающегося материка.

Литолейномия базируется на двух основных закономерностях. Первая говорит о преимущественном сохранении во времени отложений крупных зон осадконакопления.

Ефремов пишет: «...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»¹.

Вторая говорит о закономерном выпадении из летописи отложений, связанных с возвышенными над базисом эрозии областя-

¹ И. А. Ефремов. Тафономия и геологическая летопись, кн. I. Тр. ПИН АН СССР, т. XXIV, 1950, стр. 86.

ми материка, и заключается в правиле ступеней деструкции: в длительных процессах денудации материков исчезают отложения наиболее возвышенных областей и сохраняются те, область образования которых располагается ближе к общему базису эрозии. Поэтому от материков верхнего палеозоя сохраняются крупные по пространственному распространению и мощности более или менее однообразные отложения, приуроченные к огромным пониженным тектоническим элементам рельефа. Позже возрастает число и разнообразие типов континентальных отложений, достигая максимума в верхах кайнозоя. Но параллельно с этим наблюдается уменьшение размеров самих зон седиментации.

Пространственные размеры осадочных комплексов, сохраняющихся в геологической летописи, могут рассматриваться как функция времени. Чем эти комплексы древнее, тем большими пространственными размерами должны были они обладать при своем образовании, чтобы, несмотря на очень длительный процесс разрушения, уцелеть до современной эпохи. Таким образом, по отношению к сохранению каждая толща осадочных образований имеет собственную пространственно-временную характеристику.

Можно представить, что для каждого этапа геологической истории должна быть некоторая предельно минимальная величина пространственно-временного протяжения сформировавшихся в течение этого этапа отложений, при которой они сохраняются в последующих деструкциях до настоящего момента. Эта величина будет различной для разных этапов и тем большей, чем они дальше отстоят от современного этапа.

Те типы отложений, размеры которых больше указанной выше предельно минимальной величины, определяющей сохранность их до настоящего времени, Ефремов предложил называть ультрафациями. Эти отложения сохраняются в геологической летописи. Следовательно, только связанные с ультрафациями местонахождения органических комплексов могут дойти до нас и стать объектами изучения. В противоположность им те типы отложений, которые меньше упомянутой предельно минимальной величины, названы инфрафациями, не сохраняющимися в геологической летописи (рис. 21). Необходимо отметить, что трактовка фации у Ефремова несколько отлична от понятия фации, введенного Грессли, вследствие чего данные термины не являются вполне удачными.

Морские отложения лучше сохраняются во времени, чем континентальные, так как размеры типовых областей осадконакопления у них больше, а расположение ниже уровня денудации (ниже поверхности моря) делает их более устойчивыми во времени.

Из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Пространственные зоны преимущественного сохранения отложений расположены вблизи базиса эрозии, а при его колебаниях перемещаются то вглубь материка, то обратно в соответствии с общим развитием тектонических движений на данной территории.

2. Область сноса, или субаэральная поверхность древнего материка, которая в свое время являлась областью обитания назем-

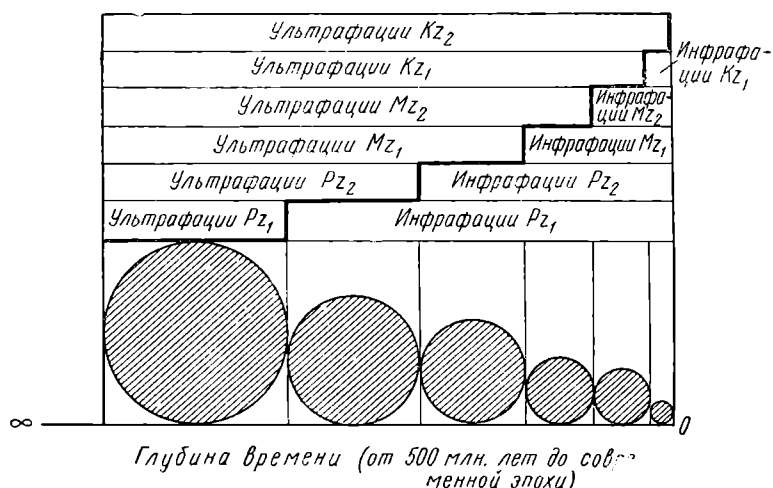


Рис. 21. Схема ультрафаций и инфрафаций во времени (И. А. Ефремов, 1950):

Kz_1 и Kz_2 — ранний и поздний кайнозой; Mz_1 и Mz_2 — ранний и поздний мезозой; Pz_1 и Pz_2 — ранний и поздний палеозой

ных животных, полностью выпадает из геологической летописи. От материка в этой летописи, образно говоря, остается пустота, окруженная поясом пространственно широко развитых отложений (ультрафаций) в низменных областях осадконакопления. Подавляющее большинство таких отложений — дельтовые. Внешний контур подобного континентального пояса образуют отложения литоральной и неритовой зон.

3. Чем древнее материк, тем уже его зоны захоронения наземных органических комплексов и тем ближе они к базису эрозии. Одной из особенностей древних материков, видимо, было развитие необычайно огромных плоских берегов — исполинских абразионных террас при высоком уровне самих материков. Дельты крупных артерий часто растекались среди развитых на этих террасах обширных приморских болот и лагун и не имели четких границ.

4. Вследствие этого в палеозое местонахождения представителей континентальной фауны характеризуют население низмен-

ных областей. Представители фаун и флор, распространенных внутри материка, встречаются крайне редко (в переотложенном состоянии) и не отражают всего их многообразия.

В мезозое и кайнозое зоны сохранения отложений (ультрафаций) менее связаны с низкими прибрежными областями. В кайнозое ультрафации уже известны внутри материка, в горных хребтах, где они приурочены к отрицательным формам рельефа.

5. Местонахождения органических комплексов имеют тем больше шансов быть открытыми, чем значительнее их размеры и больше численность в них организмов. Выпадение из геологической летописи очень многих типов отложений с недостаточно большим пространственным развитием (инфрафаций) привело к выпадению из нее огромной части наземных фаун и флор для палеозоя, в несколько меньшей мере для мезозоя и еще меньшей для кайнозоя.

6. Поиски местонахождений представителей континентальных фаун и флор в древних толщах должны организовываться в преобладающих по своему распространению типах отложений (ультрафациях), а не путем выявления литологических разностей, теоретически могущих наилучшим образом сохранить органические остатки в ископаемом состоянии.

Итак, неполнота геологической летописи связана с отсутствием большого числа ранее сформировавшихся в земной коре, но затем разрушенных отложений. Однако она может обуславливаться и неблагоприятной обстановкой для сохранения органических форм как во время захоронения, так и впоследствии, в процессе диагенеза вмещающих осадков. Для сохранения отмерших организмов в морских отложениях еще до погребения их на дне в придонной зоне бассейна должна существовать определенная физико-химическая обстановка. Подобная благоприятная обстановка должна быть и в самой толще осадка. Величина концентрации водородных ионов, степень насыщенности кислородом, углекислым газом, сероводородное заражение, разложение органических веществ и прочие факторы будут влиять на сохранность захороненных остатков. Таким образом, сохранность будет определяться: а) обстановкой осадконакопления, включая физико-химические и геохимические условия (с изменением их по площади будет меняться и сохранность на отдельных участках), и б) физико-химическими и геохимическими процессами в уже сформировавшихся осадках (здесь важную роль играют температура и давление в связи с продолжающимся осадконакоплением или тектоническими движениями, циркуляция растворов и пр.).

Принимая во внимание действие многих неблагоприятных факторов для сохранности органических остатков, необходимо признать важное значение плотности популяции или степени густоты населения данного видового состава на данной территории в дан-

ный геологический момент и последующее ее изменение. Новые виды в начальные моменты своего развития относительно малочисленны и имеют немного шансов для сохранения в ископаемом состоянии. Наибольшее количество остатков приурочено, как правило, к стадии расцвета данного вида или группы. Однако особенности диагенеза могут в отдельных случаях изменить картину, так что эпохам расцвета из-за плохой сохранности будут соответствовать менее обильные по количеству представители местонахождения.

Иногда искажение геологической летописи может происходить и за счет последующего добавления отдельных элементов в органический комплекс, заключенный в уже сформированном осадке или породе. Насколько ископаемые комплексы могут быть отличны от соответствующих палеобиоценозов, показывает количество вариаций сообществ органических форм, которые возникают от ассоциаций одновременно живущих видов до находимых в ископаемом состоянии.

Как известно, биоценоз представляет комплекс форм организмов, встречающихся в определенном месте в зависимости от имеющихся здесь определенных условий существования. Это ассоциация одновременно живущих организмов, связанных друг с другом данными условиями существования. В случае возникновения причин, ведущих к массовой гибели организмов на той или иной территории, возникают *танатоценозы*, или «сообщества смерти», представляющие комплексы трупов или остатков мертвых организмов, погибших от общей причины. Например, прорыв соленых вод в пресноводный, особенно незначительный по размерам, бассейн может привести к быстрой гибели распространенных в нем органических комплексов.

Однако чаще гибель разных форм происходит в разное время при возникновении неблагоприятных, но не катастрофических условий вследствие разной податливости их воздействию. Перенос и переотложение отдельных отмерших форм и прочие причины могут создавать сообщества организмов, отмерших одновременно, в разных местах и от разных причин. Такие сообщества будут называться *липтоценозами*, представляющими любой комплекс органических остатков и морфологически характерных следов их жизнедеятельности (листья, споры и пыльца, кожа от линьки, перья, рога, копролиты и прочее). До захоронения липтоценозы иногда могут разрушаться и переоткладываться полностью или частично, что дает начало вторичным липтоценозам, отличным от первичных (танатоценоз — лишь частный случай липтоценоза).

При покрытии осадком возникает *тафоценоз* (или «сообщество погребения»), представляющий любой липтоценоз, подвергшийся захоронению. Но и захоронение не всегда спасает тафоценоз от разрушения. В этом повинны как определенные

абиотические факторы, так и некоторые организмы. Быстро разрушаются формы без прочных скелетов, иногда растворяются и обладающие хорошим скелетом. Раковины, состоящие из арагонита, более податливы разрушению, а кальцитовые сохраняются лучше. Поэтому часто тафоценозы могут быть беднее формами, чем липтоценозы, за счет которых они произошли. Но иногда наблюдается и последующее добавление в состав тафоценоза. Некоторые организмы (например, кольчатые черви, сверлящие моллюски и др.) могут углубляться в осадок и отмирать, попадая в захороненное сообщество. Поэтому нужно различать еще и ориктоценоз, представляющий тафоценоз, перешедший в ископаемое состояние. Он, как правило, беднее первоначального, попавшего в захоронение сообщества, а иногда включает еще некоторые пришлые элементы.

Биостратиграф в своей практической деятельности имеет дело с ориктоценозами. Поэтому он должен представлять, насколько полно и верно это сообщество может говорить о биоценозах прошлого, не допуская поспешного отождествления.

Некоторая гомотаксальность отдельных фаун и флор

Как указывалось в первой главе, представление о гомотаксисе было введено Т. Гексли, который считал, что стратиграф констатирует только одинаковую последовательность в смене сходных органических комплексов по сопоставляемым разрезам. Но сходство в изменениях абсолютно не говорит за то, что эти изменения в том и другом случае происходили одновременно даже в масштабах геологического времени. Крайние взгляды Гексли были неверны. Они отрицали возможность геологической периодизации, а следовательно, возможность восстановления истории Земли и истории эволюционного развития органического мира.

Однако если гомотаксальность, доведенная до крайности, в понимании Гексли должна быть отвергнута, то с некоторой гомотаксальностью отдельных фаун и особенно флор приходится считаться. Эта некоторая гомотаксальность будет затруднять применение палеонтологического метода в стратиграфии, и поэтому должна учитываться при анализе биостратиграфического материала. Она проявляется там, где изменения отдельных органических комплексов отражают не возрастные отличия, а влияние определенных физико-географических факторов (в первую очередь климатических). Данные изменения не связаны еще с преобразованиями внешней среды на рубежах между ближайшими этапами в развитии Земли или крупных ее регионов, но внешне сходны с изменениями органического мира на этих рубежах. Чаще всего наблюдаемая гомотаксальность у наземных флор может отражать ботанико-географическую зональность. Эти флоры наиболее чутко реагируют на пространственные изменения

климатических и эдафических (почвенных) факторов и дают большое разнообразие растительных формаций.

Можно привести некоторые примеры подобной гомотаксальности. Так, долгое время считалось, что разрез палеозойских отложений на восточном склоне Урала заканчивается средним карбоном. Затем в данных отложениях были обнаружены флористические комплексы пермского облика. Это послужило к довольно широкому выделению пермских отложений, пока в слоях с «пермской флорой» не были обнаружены типичные микрофаунистические комплексы, позволившие определенно отнести вмещающие слои к низам среднего карбона. Значит, представители флористических комплексов приобрели здесь как бы досрочно пермский облик. Они не датируют отложений, а свидетельствуют о сходном облике растительности с широко распространенным в пермское время.

Подобный пример может быть приведен и для верхнекаменноугольных отложений штата Канзас в США. Здесь в слоях, датированных по флоре пермью, затем была обнаружена морская микрофауна верхнего карбона. Некоторая гомотаксальность может наблюдаться и в макрофаунистических комплексах. В верхнекаменноугольных отложениях Русской платформы и Донбасса, в горизонтах, соответствующих моментам отклонений солености морского бассейна от нормальной, появляются комплексы двусторчатых моллюсков цехштейнового (верхнепермского) облика.

Эти примеры объясняются, видимо, тем, что на отдельных территориях в силу определенных причин в более ранние моменты геологической истории могли складываться такие физико-географические условия, близкие к которым на последующих этапах получали широкое развитие и становились для них главенствующими. Став таковыми, эти условия и вызываемые ими широкие изменения органического мира превращались в возрастные реперы. В первом же случае наблюдалось только сходство в изменении условий, отражаемое отдельными комплексами на более низком стратиграфическом уровне. Таким образом, некоторые гомотаксальные комплексы могут оказаться своего рода колониальными комплексами. Выявление гомотаксальности отдельных комплексов тем легче, чем шире применяется комплексный подход при установлении геологических датировок. Некоторая гомотаксальность может наблюдаться и у наземных позвоночных, так как их распространение связано с резко выраженной зональностью географических ландшафтов.

Итак, явление некоторой гомотаксальности отдельных фаун и флор существует и должно учитываться. Гомотаксальность в понимании Гексли решительно отвергается, хотя отдельные исследователи иногда заключают свои труды ссылкой на большое расстояние между сопоставлявшимися разрезами, которое, не-

смотря на сходство встреченных органических комплексов, якобы исключает всякую возможность синхронизации.

Главным аргументом в пользу широкого распространения явления гомотаксальности выступала длительность процесса расселения отдельных органических групп по поверхности Земли. При этом допускалась их практическая неизменяемость на протяжении очень долгих интервалов геологического времени. Так, в свое время сходные черты фораминиферовых комплексов современной индо-тихоокеанской провинции с комплексами из эоценовых отложений Вест-Индии и Европы (см. приведенный выше пример псевдосуперститовых фаун) такой знаток, как Кэшмен, объяснял постепенной миграцией европейской фауны на восток почти в течение всего кайнозоя.

Но есть примеры и чрезвычайно быстрых расселений многих представителей в тех или иных областях. В 1918—1919 гг., во время гражданской войны, часть легких морских судов была переброшена из Азовского моря в Каспийское. Приросшая к днищам судов двустворка *Mytilaster lineatus*, попав в Каспийский бассейн и встретив для себя чрезвычайно благоприятную среду (см. приведенный выше пример инвазии), расселилась в нем так широко, что в стратиграфической схеме антропогенных отложений Северного Прикаспия в 1952 г. уже были выделены в качестве местной единицы слои с *Mytilaster lineatus*, вышедшие на поверхность из-за некоторого спада уровня Каспийского бассейна. Но пусть этот пример не будет считаться особенно типичным, так как расселение указанного вида произошло благодаря преодолению географического барьера с помощью человека.

Интересные примеры быстрых смен органических комплексов на некоторых участках Баренцева моря и Кольского залива были приведены известным гидробиологом Е. Ф. Гурьяновой на I сессии Всесоюзного палеонтологического общества. Распространенные здесь в 90-х годах прошлого столетия фаунистические комплексы носили сильный арктический отпечаток. В 20-х годах нашего столетия представители этих комплексов исчезли и заменились комплексами, сходными с комплексами западного и южного побережья Норвегии. В 40-е годы эти комплексы вновь начали сменяться комплексами арктического облика. Таким образом, за каких-либо 60 лет (в течение одной человеческой жизни) облик фаунистических комплексов коренным образом изменился дважды. В масштабах геологического времени — это прямо «катастрофы», а, расшифровывая те же события в геологическом разрезе, исследователи, вероятно, выделяли бы здесь три стратиграфических горизонта довольно значительного объема.

К. Динер, ссылаясь на Ульриха, приводит пример быстроты расселения современной *Litorina litoria*. Этот моллюск за 50 лет распространился вдоль атлантического побережья Северной Америки от Галифакса до мыса Кэйп-Мей на расстояние в 800 км.

Если бы беспозвоночные палеозоя распространялись даже в сто раз медленнее, указывает он, то и тогда по однотипным фаунистическим комплексам соответствующие отложения можно было бы считать синхронными.

Им же указывается, что в современных условиях рифовые кораллы занесены теплым течением Гольфстрим из Вест-Индии через Бермудские острова до такой широты (Бофорт в Северной Каролине), на которой нигде в другом месте не встречаются. Занос их в масштабах геологического времени был мгновенен.

Следовательно, беспрепятственное распространение происходит, как правило, очень быстро. Если же каким-либо комплексам приходится расселяться, преодолевая препятствия, т. е. неблагоприятные условия, то эти условия в свою очередь оказывают на них такое воздействие, что расселяющиеся комплексы приобретают новые признаки и не являются уже совокупностью старых форм, просто расширивших свой ареал.

Резкий, но характерный пример представляет расселение средиземноморского *Cardium edule* через Суэцкий канал, прорытый в 1869 г. За время преодоления расстояния в 150 км (всего в течение каких-нибудь 50 лет) через область распространения горькосолёных озёр, создавшую неблагоприятную гидрохимическую обстановку в канале, этот вид дал начало новому виду *Cardium isthmicum*, расселившемуся в Красном море.

Отсутствие преград к расселению не всегда является причиной, вызывающей расселение. Так, усыхание озёр в Джунгарском проходе, связывающем Балхашскую и Джунгарскую низменности, не привело к быстрому смешению населяющих их фаун. Толчок к перемещениям могут дать изменения физико-географических условий, способствующие также изменению самих органических комплексов.

Расселение однотипных органических комплексов по поверхности Земли (которая в пределах требуемой точности является величиной для разных периодов стабильной) в масштабах геологического времени (величины огромной и очень переменной) в большинстве случаев будет быстрым, если не употребить применявшееся некоторыми исследователями определение, — мгновенным.

Подводя итог сказанному, можно отметить, что направление и пределы расселения органических групп определяются пределами и конфигурацией площади, на которой имеются условия, пригодные для существования расселяющихся организмов. При пассивном распространении они определяются направлением действия транспортирующего фактора (например, морских течений). Но расселение не может идти безгранично и встречает определённые барьеры в виде любой физико-географической (фациальной) обстановки, непригодной для существования расселяющихся групп. Иногда барьер может иметь абсолютный характер только

для отдельного момента в истории развития определенного района и относительный для длительного времени. В течение этого времени происходит постепенное перемещение барьера, вслед за которым идет медленное расселение органических комплексов (например, вслед за перемещающейся береговой линией бассейна). Поэтому можно различать свободное расселение органических групп, совершающееся быстро, и зависимое расселение (следом за перемещающимся барьером), связанное со скоростью миграции фаций, а не со способностью организмов, как таковых, к расселению. Но при длительной миграции фаций и длительном расселении происходит изменение самих расселяющихся комплексов.

Итак, свободное расселение проходит быстро, и фауна достигает отдаленных областей, не успев существенно измениться. Зависимое расселение медленно, и распространяющиеся этим путем органические комплексы при достижении удаленных областей приобретают значительные изменения. Следовательно, в обоих случаях в далеких областях не могут встречаться одинаковые и разновозрастные фауны.

В целом геологическая одновозрастность будет пусть не полной в буквальном смысле этого слова, но практически приемлемой геологической синхроничностью.

Переотложение органических комплексов и нахождение их во вторичном залегании

Переотложение — довольно широко развитое явление, осложняющее применение палеонтологического метода в стратиграфии. Иногда переотложенные формы или комплексы выделяются более или менее резко среди комплексов, синхронных вмещающим отложениям, и тогда легко отбрасываются при анализе. Но во многих случаях такое разделение проводится с большим трудом, а это таит в себе возможность крупных ошибок в выводах. В настоящее время можно наблюдать, что более древние отложения на морском дне не везде равномерно покрыты молодыми осадками. Так, для отдельных участков Северного моря уже на глубине 20 м указывался частичный снос ранее отложившегося материала, а благодаря этому и переотложение органических форм. Иногда переотложенные комплексы включают в себя элементы разных фаун от кембрия до ныне.

Переотложению подвергаются отдельные куски пород: и совсем мелкие, и крупные глыбы. В некоторых случаях размеры глыб столь велики, что кое-где принимаются за выходы коренных отложений. Часто эти куски или глыбы включают органические остатки. Нахождение форм, дающих хорошие датировки, в гальке базального конгломерата или конгломератов выше определенных тектонических границ может иногда датировать начало транс-

грессии или орогеническую фазу (моложе возраста, указываемого органическими остатками в переотложенных кусках породы — гальках). Иногда на некоторых территориях отдельные системы представлены только глыбовыми скоплениями. Так, в Крыму пермские отложения встречаются в виде глыб среди триасовых и юрских.

Но биостратиграфу чаще всего приходится иметь дело с переотложением не глыб и кусков породы, а отдельных форм и их комплексов. Различие переотложенной части от непереотложенной в смешанных комплексах является в таких случаях главным затруднением при составлении выводов. А это переотложение иногда может совершаться не только из непосредственно подстилающих отложений, но из нескольких разных горизонтов.

Как же проводить разделение переотложенных форм от непереотложенных? Иногда этому помогают (в самом легком случае) характерные признаки переотложенных форм, свидетельствующие об их более древнем возрасте. В других случаях разная степень фоссилизации. Так, в спорово-пыльцевых комплексах из антропогеновых отложений района Нижней Волги переотложенная из неогеновых и палеогеновых слоев пыльца имеет характерный темно-бурый оттенок. Благодаря этому легко отделяются не только экзотические формы, хорошо отличимые по своим морфологическим признакам, но и переотложенные представители тех родов, которые широко распространены в течение всего кайнозоя. На других территориях в спорово-пыльцевых спектрах из антропогеновых отложений при явном наличии в них палеогеновых элементов сохранность синхронных и переотложенных форм столь близка, что по степени фоссилизации представители общих родов неразличимы. Это характерно, например, для района Нижней Оби. Здесь приходится прибегать к выработке особой методики выявления мельчайших различий переотложенной пыльцы или проводить сравнительное изучение на спорово-пыльцевых диаграммах кривых изменения хорошо морфологически выделяющихся палеогеновых экзотических форм и кривых других групп, в которых можно подозревать переотложенные более древние, но внешне почти не отличимые элементы. Правда, этот способ менее надежен.

Во многих случаях, но не всегда, пришлые элементы обнаруживают характерные признаки переотложения: окатанность, потертость, покрытие выветрелой корочкой, разрушение наружных оборотов раковин (что иногда наблюдается у переотложенных фузулинид), разрыв и смятие спор и пыльцы (например, в тех же спектрах из антропогеновых отложений района Нижней Волги, где наблюдается темно-бурая окраска переотложенных форм).

Основным критерием переотложения, помимо перечисленных частных критериев, считается несоответствие состава переотложенных элементов основному составу развитого на данном стра-

тиграфическом уровне комплекса (а значит, и возрасту вмещающих отложений). Но если этот критерий точен при смешении резко разновозрастных комплексов, то при небольших возрастных отличиях его применение может оказаться очень затруднительным. По комплексу органических форм мы судим о возрасте слоев. Возраст слоев берем за критерий при отделении переотложенного комплекса. Иногда невольно в таком случае можно отнести к переотложенному комплексу все те элементы, наличие которых не вяжется с нашим сложившимся или складывающимся представлением о возрасте вмещающих слоев. Поэтому такой подход требует большой осторожности, чтобы не внести в него субъективной оценки.

В отдельных случаях в практике биостратиграфических исследований можно встретиться с переотложением более молодых элементов в более древних породах. Это происходит или благодаря заносу молодых элементов в нижние горизонты при бурении с применением глинистого раствора, или в естественных условиях благодаря заносу по трещинам и разломам, что чаще наблюдается для спор, пыльцы и диатомей. Так, сравнительно недавно было обнаружено проникновение девонских и каменноугольных спор по трещинам в толщу докембрийских пород (кряворожская серия Украинского массива) на огромную глубину.

При проведении некоторых практических работ бурение может осуществляться только с применением глинистого раствора и в то же время требуется получение спорово-пыльцевых данных для расчленения разреза. Но благодаря глинистому раствору создается как бы искусственное предварительное переотложение комплексов по разрезу скважины из материала, использованного для раствора. В этом случае обязателен отбор поверхностных проб и целой серии образцов из разных мест материала, завезенного для приготовления глинистого раствора, чтобы вносить определенные поправки на искусственное загрязнение спектров. При материале для глинистого раствора, привезенном издалека и относящемся к резко разновозрастным отложениям по сравнению с разбуриваемыми, результаты анализа дают определенный положительный эффект (например, при инженерно-геологических изысканиях для Нижне-Обской ГЭС, где в качестве материала для глинистого раствора на буровых скважинах, проходивших в антропогеновых отложениях, применялись туркменские бентонитовые глины, характеризовавшиеся специфическим спорово-пыльцевым комплексом).

В исключительных случаях переотложение способствует стратиграфическому расчленению и местной корреляции.

Так, в некоторых районах развития продуктивной толщи Азербайджана и красноцветной свиты Туркмении наряду с синхронными остракодами и фораминиферами указывался богатый

переотложенный комплекс фораминифер, насчитывающий до 222-х видов. Этот комплекс включал элементы неогеновой (понтический горизонт), палеогеновой и меловой фаун, которые не были перемешаны, а распределялись горизонтами, только в обратном нормальном порядке. Внизу залегал понтический, выше палеогеновый и еще выше меловой фораминиферовые горизонты. Это объяснялось переотложением во время размыва прилегающих возвышенных частей Кавказского хребта и Копетдага. Первыми размывались неогеновые отложения, и их комплексы отложились в самом низу на территориях, где шла аккумуляция материала. Затем очередь размыва дошла до палеогена, а в самом конце до мела.

Переотложенные комплексы, конечно, не дают датировок, но для узких районов с применением известной осторожности они могут обеспечить расчленение разрезов и местную корреляцию.

ПРОВЕДЕНИЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ГРАНИЦ НА ОСНОВЕ ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА

Одной из важных проблем биостратиграфии является обоснование проведения границ между стратиграфическими подразделениями на основе палеонтологического метода. Сложность этой проблемы видна хотя бы из того, что принимаемые в настоящее время границы даже между такими крупными подразделениями, как системы, не всем стратиграфам кажутся достаточно резко выраженными. Некоторые исследователи считают, что до сих пор нет достоверно установленных в ходе историко-геологического процесса естественных рубежей между системами, имеющих планетарное значение, а четкие объективные границы почти всегда пространственно ограничены. В доказательство этому приводится существующее расхождение в мнениях о разграничении большинства систем: кембрийской и с ней сопредельных, ордовикской и силурийской, каменноугольной и пермской, триасовой и юрской, меловой и палеогеновой, неогеновой и антропогеновой.

Другие считают, что только в непрерывных разрезах на основании палеонтологического метода могут быть определены границы между стратиграфическими подразделениями, так как только в этом случае сохранится наиболее полный объем, отвечающий содержанию данных подразделений. В разрезе же с перерывами в осадконакоплении о естественных стратиграфических подразделениях говорить не приходится.

Наконец, третьим кажется, что перерывы в напластовании на границе двух систем более частое явление, а непрерывность, скорее, исключение. Это широкое распространение перерывов указывает, что принятая в настоящее время стратиграфическая шкала в общем отвечает естественным условиям и отражает

события, имевшие определенное значение в историческом развитии Земли.

На естественность стратиграфических границ крупных подразделений, таких, как группы, системы и отделы, давно обратили внимание. Так, К. Динером указывалось, что естественность принятой стратиграфической шкалы и реальность ее подразделений (а следовательно, также и их границ) лучше всего доказывается тем, что по остаткам почти любой группы организмов может быть установлен возраст основных стратиграфических единиц. В виде грубого примера можно указать, что палеозойская эра является временем развития споровых растений, трилобитов, расцвета брахиопод, низших рыб, земноводных. Мезозойская характеризуется расцветом голосеменных, пресмыкающихся, высших аммонитов и белемнитов; кайнозойская — расцветом покрытосеменных в растительном мире и млекопитающих — в животном. Чем подробнее единица, тем более специфичной стадии развития органического мира она отвечает.

Как указывалось при рассмотрении филогенетического метода, за границы между стратиграфическими подразделениями принимаются зафиксированные в отложениях рубежи между этапами эволюционного развития органических групп, совпадающие с рубежами между этапами осадконакопления. Для крупных подразделений последние будут являться рубежами, связанными с качественными изменениями структуры земной коры, что как раз и свидетельствует о естественности правильно установленных стратиграфических границ.

Конечно, четкость разграничения стратиграфических единиц не всюду одинакова. На отдельных территориях встречаются различные затруднения с определением их границ, объясняющиеся теми или иными специфическими причинами развития данных территорий. Иногда наличие нескольких довольно четких границ в зоне соприкасания крупных стратиграфических подразделений может порождать длительные споры, которую из них признать в качестве границы между этими подразделениями.

Но часто, хотя и не всегда легко, при тщательном изучении палеонтологического материала в непрерывных разрезах можно однозначно провести стратиграфические границы по эволюционно развивающимся группам и, главное, определить масштабность этих границ.

На Северном Кавказе и частично в Нижнем Поволжье широко развита майкопская серия, представленная темноцветной сланцеватой глинистой толщей, которая охватывает, грубо говоря, верхи палеогеновой и низы неогеновой систем. Как специфическая, литологически определено охарактеризованная толща, она имеет четкие границы, проходящие внутри указанных систем. Но тем не менее на основании палеонтологических данных граница между самими палеогеновой и неогеновой системами

устанавливается внутри этой серии. Сохранение на указанной территории на рубеже между палеогеном и неогеном морского бассейна, в котором продолжалось накопление отложений майкопской серии, сделало границу между соответствующими системами не столь резко бросающейся в глаза, как там, где ей отвечает континентальный перерыв. И все же эта граница устанавливается по совершенно объективным данным.

Можно привести пример четкости не только границы между системами, но и ярусной границы, проходящей внутри единого естественного стратиграфического комплекса. Так, в литологически однообразной толще темно-серых пластичных глин симбирскитовых слоев Ульяновско-Саратовского Поволжья можно отметить по меньшей мере два резко обособленных этапа развития аммонитов: нижний, спитаницерасовый, и верхний, краспедодискусовый, или собственно симбирскитовый. На границе между ними отмечается резкое изменение всего облика комплекса аммонитов: ни один вид не переходит из нижнего в верхний, изменяется также и подвидовой состав. Здесь как раз проходит граница между готеривским и барремским ярусами, тогда как, например, в Московской синеклизе баррем залегает трансгрессивно на разных горизонтах валанжина и юры. Следовательно, когда стратиграфические границы проходят внутри больших интервалов, охарактеризованных, по первому впечатлению, однотипными органическими комплексами, требуется детальное изучение развития отдельных групп, чтобы не прийти к ложным построениям, которые маскируют наличие четких естественных стратиграфических границ, существующих в природе.

Первоначально основные стратиграфические единицы были выделены там, где имелись резкие следы перерывов на их границах. По мере расширения геологических исследований выяснилось, что в отдельных регионах границы тех же крупных стратиграфических единиц оказываются не столь четкими. Начали выделяться толщи, занимающие промежуточное положение между этими единицами без достоверного отнесения их к той или другой единице. Так, в конце прошлого века появилось представление о переходных отложениях, явившееся как бы средством преодоления нечеткости границ между отдельными системами. В связи с этим возникли и специальные термины: пермокарбон, пермотряс и т. п.

Для своего времени представление о переходных слоях было прогрессивно. Оно отражало в трактовке исторического развития Земли преломление идей эволюционизма, которые пришли на смену катастрофизму.

Однако выделять в настоящее время между системами переходные слои неверно, так как от этого сами системы утрачивают четкое значение, а вопрос о границах не снимается. Если границы переходной толщи четки, то одну из них, проведя соответствующую

щий анализ, можно достоверно или на первых порах несколько условно принять за границу между системами. Если же границы переходной толщи не четки, то вместо решения вопроса об одной границе перед исследователями встает задача обоснования двух границ.

Вспомнив сказанное ранее об этапности развития органического мира, можно представить, что переходные слои должны были содержать или малохарактерные элементы начальной стадии становления фаунистических комплексов систем, или угнетенных и часто малоспециализированных представителей последних стадий. Поэтому у переходных слоев отсутствовала четкая палеонтологическая характеристика, которая казалась промежуточной между характеристиками смежных систем. Тщательное изучение фаунистических комплексов переходных слоев позволяет выделять такие элементы, по которым можно определенно отнести вмещающие отложения к началу или концу соответствующего периода (см. выше пример выделения артинского яруса А. П. Карпинским).

На каких же принципах должно основываться установление границ между стратиграфическими подразделениями? На характере и масштабе тех явлений, которые были указаны раньше (см. главу вторую) при рассмотрении критериев выделения стратиграфических единиц. Хотя все эти явления взаимосвязаны, так как отражают ход исторического развития Земли, в первую очередь выделяется биостратиграфическое направление, основывающееся на анализе всего палеонтологического материала. Другое направление, тектонопалеогеографическое, охватывает остальные стороны и характеризует условия геологического развития рассматриваемого района.

Однако в затруднительных случаях, когда палеонтологические и прочие данные могут говорить за отнесение пограничных отложений к одной системе с той же степенью вероятности, как и к другой, привлекается еще и принцип исторического приоритета, согласно которому пограничные отложения относятся к той системе и границы проводятся так, как это было сделано автором, установившим их. Примером может служить проведение границы между меловой и палеогеновой системами. Хотя доводов за отнесение пограничного датского яруса к палеогену имеется почти столько же (если не больше), сколько и за оставление его в меловой системе, граница между этими системами по правилу приоритета продолжает проводиться по кровле датского яруса. Но данный принцип нужно применять осмотрительно, не стараясь заменить им углубленный биостратиграфический анализ материала.

В большинстве случаев можно заметить, что изменение фауны и флоры в процессе их развития происходит не совсем постепенно и непрерывно, а более или менее резкими скачками. Выявление

подобных скачкообразных изменений позволяет в настоящее время проводить стратиграфические границы, исходя из наблюдаемого хода геологической истории.

Таким образом, палеонтологический метод является важнейшим при установлении и обосновании стратиграфических границ. Применяя его для этих целей, можно идти по трем направлениям, устанавливая определенные рубежи по появлению органических групп, затем по их расцвету и, наконец, по исчезновению и вымиранию. Различные ветви животного мира развиваются с неодинаковой скоростью и интенсивностью. Некоторые из них существуют с начала палеозоя, не претерпевая значительных изменений. У других наблюдаются моменты медленного развития и относительного постоянства и моменты быстрого развития — расцвета, который выражается как в количественном представительстве, так и в качественных изменениях. Такие, по Вальтеру, анастрофические группы (анастрофы — моменты расцвета) будут наиболее важными для решения вопроса о стратиграфических границах при применении палеонтологического метода. Примерами этих групп могут служить трилобиты в палеозое, амmonoидеи в палеозое и мезозое, двустворчатые в кайнозое и т. д.

В развитии анастрофических групп отчетливо выделяются три основных момента. Во-первых, появление. Эта стадия может характеризоваться примитивностью строения, наличием собирательных типов, развитием мелких форм, отсутствием видового разнообразия, слабым развитием скульптуры и т. п. Во-вторых, расцвет, отличием которого могут служить: умеренное усложнение, расхождение признаков и дифференциация форм, умеренная специализация, разнообразие форм и массовое появление (иногда образование органогенных пород), увеличение размеров, богатство скульптуры и т. п. В-третьих, для стадии вымирания отмечаются чрезмерная специализация (с появлением боковых и уклоняющихся форм в разных семействах), иногда резкое уменьшение размеров, упрощение скульптуры или, наоборот, появление излишних украшений, все возрастающая редкость находок.

На рис. 22 (Ю. А. Жемчужников, 1934) показана палеофаунистическая характеристика определенного рассматриваемого периода (в принципе это приложимо и к палеофлористической характеристике). Здесь могут быть отмечены следующие группы по некоторому сочетанию признаков: 1) появление, расцвет и вымирание происходят только в данном периоде; это наиболее ценные для стратиграфии так называемые руководящие группы; 2) появление и расцвет приходятся на данный период, а вымирание на последующий; 3) появление происходит в предыдущем периоде, а расцвет и вымирание в данном; 4) в данном периоде отмечается только появление; 5) появление относится к преды-

дущему периоду, расцвет к данному, а вымирание к последующему; 6) в данном периоде отмечается только вымирание.

Кроме этих групп, можно отметить уже вымершие или еще не появившиеся по отношению к данному периоду, а также группы, проходящие данный период без узловых изменений, с общей тенденцией к развитию или угасанию.

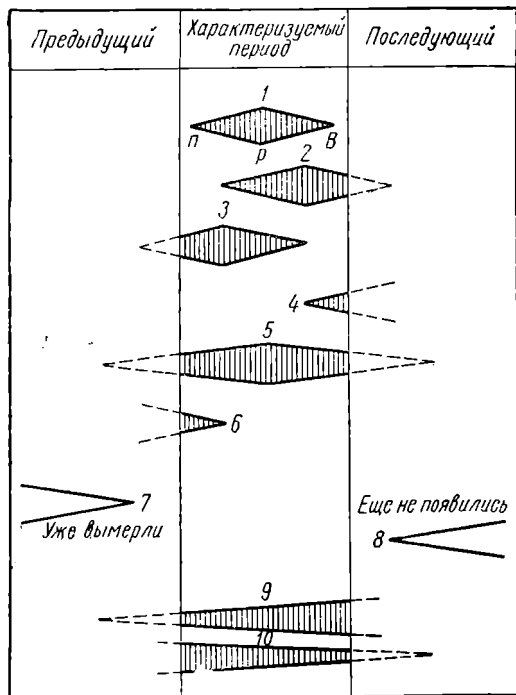


Рис. 22. Схема палеонтологической характеристики геологических периодов (Ю. А. Жемчужников, 1934):

п — появление органических групп; *р* — расцвет; *в* — вымирание. 1—10 — разные категории групп, характеризующих геологический период

Не говоря уже о последних группах, из первых шести можно выделить четыре основные группы, представляющие, по Ю. А. Жемчужникову, четыре категории характерности: 1) впервые появляющиеся; 2) достигающие расцвета; 3) вымирающие и 4) исключительно свойственные.

Если для одного и того же периода устанавливаются группы, имеющие в нем появление и расцвет, а другие расцвет и вымирание, то в совокупности они сведутся по своему значению к группе исключительно свойственных.

Промежутки от появления до расцвета (до анастрофической или акматической стадии) и от расцвета до

вымирания у разных групп будут различными. У одних расцвет может следовать очень быстро за появлением, у других промежутков между ними оказывается более растянутым. Вымирание, как правило, представляет очень длительный процесс, и охватываемый им промежуток превосходит интервал от появления до расцвета. Но у некоторых групп (например, у динозавров) отмечается очень быстро следующее вымирание за периодом наибольшего расцвета, происходящее как бы внезапно. Необходимо учитывать также и то, что первое появление или полное исчезновение иногда могут быть только кажущимися. Раньше

считалось, что птицы появляются с мела, но затем был открыт в юре археоптерикс, тоже не являющийся самой первой формой.

Рассматривая приведенные выше четыре категории характеристики, можно отметить, что наиболее важной при установлении объема и границ стратиграфических подразделений будет четвертая, включающая «исключительно свойственные» группы, или формы. Но с ними приходится встречаться реже, так как руководящее значение многих ранее отнесенных к этой категории групп оказывалось с углублением исследований поколебленным.

В принципе обоснование стратиграфических границ может проводиться и по вымиранию, и по расцвету, и по появлению, но результаты в разных случаях могут оказаться значительно не равноценными. Проведение стратиграфических границ по вымиранию определенных групп имеет следующие недостатки. Во-первых, как отмечалось, в большинстве случаев этот процесс длителен. Обычно исчезновение старых групп связывается с наступлением неблагоприятных условий существования. Сами эти условия редко действуют непосредственно на вымирающие группы. Влияние их сказывается через естественный отбор. Процесс же естественного отбора очень длительный. Затем, наступление неблагоприятных для данной группы условий может происходить одновременно повсюду, что отразится на точности проведения границ, особенно между не столь крупными подразделениями. Кроме того, отдельные реликтовые формы продолжают существовать очень долго и могут искажать действительную картину. Но их нельзя полностью игнорировать, так как иногда и они могут быть использованы для уточнения возраста тех или иных слоев. Например, ортоцератиды, широко распространенные в палеозое, в триасе встречаются в виде реликтов. Если их обнаружить в сочетании с представителями групп, только появляющихся в триасе (скажем, с гексакораллами), то это сочетание даст вполне определенную датировку.

Итак, проводить границы по вымиранию отдельных групп неверно, так как отрицательные признаки в палеонтологии не могут иметь решающего значения. Отсутствие в отложениях определенных представителей, принятое за их полное исчезновение, в ряде случаев может зависеть и от условий существования, распространенных в определенный момент на данной территории, и от условий захоронения, и от вторичных изменений вмещающих пород после захоронения. Но иногда при решении вопроса о проведении границ данные по исчезновению отдельных групп учитываются вместе со всеми прочими данными.

Проведение стратиграфических границ по стадиям расцвета представителей определенных групп может применяться только в некоторых случаях с соблюдением большой осторожности в выводах. Действительно, для крупных стратиграфических единиц разграничение по стадиям расцвета характерных групп невоз-

можно. Оптимальные условия, способствующие их расцвету на разных, особенно удаленных территориях, будут наступать одновременно, а отсюда и границы получатся не однозначными. Но для местных конкретных схем, где приходится выделять дробные стратиграфические единицы в пределах узких, значительно ограниченных районов, проведение границ по акматическим стадиям может иметь большое значение (см. об эпиболях и гемерах в главе второй).

Проведение стратиграфических границ, главным образом, должно основываться на появлении новых форм, но, конечно, не любой единичной новой формы, так как единичные новые формы могут появиться в отдельных горизонтах иногда задолго до того, как обычно принято считать их впервые появившимися. Приуроченное к определенному стратиграфическому уровню более или менее частое появление представителей характерных групп связано обычно с их достаточным количественным развитием к этому времени, что обуславливает требуемую частоту встречаемости в ископаемом состоянии. Отдельные же представители в виде редких находок могут быть обнаружены и в более древних горизонтах. Так, первые граптолиты появляются уже в кембрии, рептилии в карбоне, млекопитающие в триасе. В юрском и меловом периодах млекопитающие почти исключительно представлены мелкими насеконечными и всеядными. Бурное развитие их на границе мела и палеогена, видимо, было обусловлено значительными температурными изменениями и усилением ксерофитных условий, что в общих чертах повторило изменения, происшедшие в триасовом периоде.

Значит, при проведении стратиграфических границ на основании палеонтологического метода нужно основываться на появлении не отдельных новых форм, а на появлении комплекса новых форм. Но и не любой новый комплекс будет иметь одинаковое в этом отношении значение. Если появление на данной территории нового комплекса связано с миграцией органических комплексов или сменой фаций, то это не столь важно, как констатируемое в новом комплексе резкое изменение хода филогенетического развития разных групп в связи с геологическим развитием района. Резкие изменения в филогении отдельных групп, входящих в комплекс, на определенном рубеже являются наиболее важными данными для установления стратиграфических границ. Они будут связаны с резкими изменениями внешней среды, приводящими к массовому вымиранию ранее господствовавших групп и обеспечивающими новым группам доминирующее положение.

Смена внешних условий, включая и биологическое окружение, в периоды геотектонической активности дает толчок к быстрому обновлению фаун и флор, сопровождаемому вспылками видообразования, отмечаемыми в начале каждого этапа. Для

обоснования реальности стратиграфических границ важны именно эти моменты. Основным здесь является резкое изменение внешней среды, определяющее начало адаптивной радиации новых прогрессивных групп и широкое расселение их представителей. Прежде это казалось приложимым только к проведению границ между крупными стратиграфическими подразделениями, но сейчас аналогичные изменения можно выявлять в развитии фаун и флор отдельных ярусов, а в исключительных случаях даже отдельных горизонтов, подгоризонтов и пачек.

Как указывалось, появление первых форм так же ненадежно для датировок, как и слишком долгое сохранение реликтов. Ромер указывает, что современную фауну млекопитающих Австралии было бы нелепо считать мезозойской как на том основании, что еще не вымерли сумчатые, так и на том, что в ней еще не появились плацентарные. Затем необходимо учитывать некоторую гомотаксальность фаун и флор при исследовании вопроса о проведении стратиграфических границ, о чем говорилось в предыдущем разделе. Иногда нужно принимать во внимание и такие случаи, когда появление новых форм происходит ниже четко выраженных границ между сменяющими друг друга циклами осадконакопления, т. е. в верхах горизонтов, еще относящихся к предшествующему седиментационному циклу. Интересный пример этому приводит Е. А. Иванова (1955), хотя подобные явления были известны и раньше. Этими явлениями Е. А. Иванова склонна объяснять выделение в прошлом переходных слоев между отдельными системами.

При изучении карбона Подмосковья обнаружилось, что на некоторых стратиграфических уровнях первое появление новых форм происходило не после, а до наступления новых фациальных условий. Обычно раньше всего появлялись новые фораминиферы. Таким образом, становление нового фаунистического комплекса захватывало еще один-два слоя предыдущего цикла осадконакопления. Подобные явления были отмечены и на границе отделов (среднего и верхнего карбона). Так, в верхах мячковского горизонта, венчающего разрез среднего карбона, появляются характерные для следующего касимовского горизонта верхнего карбона фораминиферы (*Protriticites* и др.), а также брахиоподы. Это появление происходит на несколько метров ниже фиксируемой по смене литологического состава и прерыву в осадконакоплении границы. Отсюда как бы следовало, что перестройка режима морского бассейна, связанная с крупными палеогеографическими изменениями, обусловленными орогеническими процессами, происходила несколько позднее появления первых верхнекаменноугольных элементов в морской фауне.

Е. А. Иванова считает, что появление нового облика представителей фауны перед крупными геологическими преобразова-

ниями в условиях, как бы завершающих предыдущий цикл, должно быть связано не с местными, а с общими причинами, воздействующими на обитателей разных фаций в пределах сравнительно больших территорий. В частности, она находит объяснение этому явлению в гипотезе В. В. Белоусова о связи ведущих глубинных процессов, определяющих развитие земной коры, с миграцией радиоактивных элементов к поверхности Земли. Органический мир, как более чуткий индикатор изменяющихся условий, мог начать преобразовываться под влиянием увеличения концентрации радиоактивных элементов в верхних слоях литосферы до проявления на дневной поверхности интенсивных тектонических движений. Этим могло объясняться сходное изменение органических комплексов в планетарном масштабе при площадной ограниченности следов катастрофических проявлений, а также пышное развитие многих групп перед вымиранием, появление в отдельные моменты очень крупных форм и т. д.

Правда, новые элементы в верхах заканчивающихся циклов осадкообразования — не просто измененные внешней силой старые формы, но и приспособленные к окружающим условиям и приспособляющиеся к условиям новой фациальной обстановки следующего цикла формы. Это приспособление в следующем цикле при переходе новых условий с течением времени снова в благоприятные может представлять пример транзиции, а при широком распространении новых форм в низах следующего цикла — пример инвазии. В некоторых случаях подобные элементы могут являться колониальными. Но сейчас важно не принятие той или иной гипотезы для объяснения данного явления, а необходимость иметь в виду вероятность встречи с подобными случаями при получении материала для обоснования стратиграфических границ.

Подводя итог, необходимо отметить следующее: при обосновании проведения стратиграфических границ нельзя действовать шаблонно, без глубокого анализа всего имеющегося палеонтологического материала. Даже отдавая предпочтение появлению новых органических комплексов, в которых намечаются резкие изменения в филогенетическом развитии нескольких групп, необходимо строить выводы на комплексности, привлекая все, что может быть использовано в каждом конкретном случае.

Осложняющим моментом при проведении стратиграфических границ на основании палеонтологического метода может являться разный темп эволюции различных групп организмов. Вследствие этого переломные моменты в их развитии могут несколько не совпадать во времени, а отсюда положение стратиграфической границы между определенными подразделениями может меняться в зависимости от того, по изменению какой группы ее проводить. На это явление давно обратили внимание.

Характеризуя границу между девоном и карбоном по изме-

нению разных групп организмов, О. Шиндевольф пришел к выводу, что она представляет собой ломаную линию и выглядит в виде каскада (рис. 23). Граница более или менее одинаково проводится по данным цефалопод и флористическим данным. На основании материала по трилобитам она должна быть опущена на зону ниже, по брахиоподам — еще на зону ниже, по корал-

Подразделение по цефалоподам	Кораллы	брахиоподы	Трилобиты	Растения
Нижний карбон	К	К	К	К
Верхний девон VII (<i>Gattendorfia</i>)	К	К	К	Д
VI (<i>Wocklumeria</i>)	К	К	Д	Д
V (<i>Laevigites</i>)	К	Д	Д	Д
IV (<i>Postprolobites</i>)	Д	Д	Д	Д

Рис. 23. Положение границы девонской (Д) и каменноугольной (К) систем по О. Шиндевольфу при проведении ее на основании развития отдельных групп организмов (Л. С. Либрович, 1938)

лам — еще ниже на одну зону. Каскадная граница большой амплитуды по сути отрицала возможность проведения однозначной объективной границы. Это еще раз подчеркивает, что наши выводы должны строиться не на основании данных по одной какой-либо группе, а на основании комплексного подхода к решению вопроса. Необходимо учитывать и стратиграфическое значение отдельных групп, и специфику их развития в конкретных условиях на каждой исследуемой территории. Вспомним, что зональное деление выглядело для определенных районов по-разному, если оно проводилось только по одной группе даже из числа ведущих, стратиграфически ценных групп. И это же деление становилось однозначным при учете всех групп, встречающихся в разрезе, и данных по всему органическому комплексу.

Учитывая специфику и темп реагирования разных групп на изменения условий существования, связанные с определенным геохронологическим рубежом, можно вывести правильное суж-

дение о положении границы. Совершенно справедливо подчеркивается Д. П. Найдиным (1959), что ступенчатое распространение ископаемых органических групп по вертикали, отражающее вполне закономерное несовпадение этапов их эволюции, вовсе не означает, что и стратиграфические границы должны располагаться ступенчато. Кроме того, вопрос о границах в большой мере зависит от степени изученности тех или иных органических групп. Чем полнее изучение, тем больше единообразно понимаемых

Подразделение по цефалоподам	Кораллы	Брахиподы	Трилобиты
Нижний карбон	III <i>Muensteroceras</i> и <i>Pericystas</i>	К	К
	II <i>Gattendorfia</i>	К	К
	I <i>Wocklumeria</i>	К	Д
Верхний девон	V <i>Laeuigites</i>	К?	Д
	IV <i>Postprotolobites</i>	Д	Д

Рис. 24. Положение границы девонской (Д) и каменноугольной (К) систем по Л. С. Либровичу (1938) при проведении ее на основании развития отдельных групп организмов

положении границы между девоном и карбоном по отдельным группам не получается. Можно подойти к очень одинаковому решению, причем амплитуда наблюдаемых колебаний от среднего положения для отдельных групп не превышает одной зоны (рис. 24).

Датировки, полученные для отложений даже по представителям фаун и флор, значительно больше сближаются, чем представлялось еще недавно, что убедительно показано В. В. Меннером (1962).

В свое время В. Готан высказал мысль, что различие в положении границ палеофита и палеозоя, мезофита и мезозоя, кайнофита и кайнозоя указывает на принципиально важную особенность в соотношении развития фаун и флор. Развитие высокоразвитых групп растений предвещает развитие высокоразвитых групп животных, достигая промежутка в полпериода. Более позднее появление нового типа фауны, по сравнению с появлением, например, нового типа флоры покрытосеменных, он объяснял необходимостью приспособления животного мира к

объемов стратиграфических подразделений в границ между ними.

И, действительно, сперва казавшиеся значительными разрывы в положении одних и тех же границ, проводимых по данным изучения разных групп; с накоплением нового материала обычно сужались. Так, Л. С. Либровичем были внесены значительные поправки в изложенные выше представления О. Шиндевольфа. Резкого различия в по-

новой пище. А это давало толчок к изменениям и в животном мире. Однако промежуток в полпериода был бы теоретически слишком долгим для последующих изменений представителей животного царства. Новые исследования говорят не о столь резких различиях в положении границ даже крупных этапов в развитии Земли, выделяемых по данным фауны и флоры.

Считалось, что самая древняя талассофитная эра фикомикофитовой флоры захватывает протерозой и нижний палеозой (табл. 3). Ее характерным отличием признавалось отсутствие сосудистых растений. Спорово-пыльцевой (точнее, споровый) анализ обнаружил затем в силурийских, ордовикских и кембрийских отложениях представителей высших сосудистых растений, которые, видимо, существовали уже и в протерозое. Нижняя граница палеофита оказалась не столь резкой, как раньше предполагалось.

Следующий этап от начала девона до его поздней эпохи характеризовался развитием псилофитовой флоры. Раньше считалось, что псилофитовая флора на границе среднего и позднего девона резко сменяется археоптерисовой, которая рассматривалась как первый этап в развитии антракофитовой флоры позднего палеозоя. Но уже в франском веке отмечено сосуществование представителей псилофитовой и археоптерисовой флор. Вряд ли представители археоптерисовой флоры появились в франских отложениях впервые. Нижнюю границу их распространения следует опустить значительно ниже, и, действительно, в окрестностях Красноярска они отмечены в среднем девоне.

Как указывалось И. А. Ефремовым, ультрафации палеозоя представлены прибрежно-морскими и лагунными отложениями, а потому столь редки в более древних горизонтах остатки представителей археоптерисовой флоры, которая выходила, видимо, на более высокие гипсометрические уровни. Следовательно, археоптерисовая флора не представляет собой первого этапа развития антракофитовой флоры и, вместе с тем, не может противопоставляться флоре псилофитовой. Поэтому нельзя считать, что археоптерисовая флора предваряет развитие новых фаун карбона. В Южной Сибири, например, установлено, что смена девонских флористических и фаунистических комплексов каменноугольными происходила одновременно.

Таким образом, здесь нет столь резкого рубежа в развитии растительного мира, как считалось раньше. Интересно отметить, что выделение дробных подразделений в девоне хорошо вяжется как по флористическим (спорово-пыльцевым) данным, так и по данным других групп организмов.

Следующая антракофитовая флора, которой закончился палеофит, в Западной Европе была распространена до середины перми, когда на смену ей пришло господство голосеменных. Несоответствие границы палеофита и мезофита границе палео-

**Главнейшие эры развития растительности и их соотношение
с геохронологической шкалой**
(А. Н. Криштофович, 1957)

Эры геохронологической шкалы ¹	Периоды	Флоры	Эры развития растений
Кайнозойская	Четвертичный	Неокайнофитовая	Кайнофитная
	Третичный	Палеокайнофито- вая	
Мезозойская	Меловой		Мезофитная
	Юрский	Неомезофитовая	
	Триасовый	Палеомезофито- вая	
Палеозойская	Пермский		Палеофитная
	Каменноугольный (карбон)	Антракофитовая	
	Девонский		
		Псилофитовая	
	Силурийский		
Протерозойская	Кембрийский	Фикомикофито- вая	Талассофитная
Археозойская			

¹ У автора: „Эры общепринятой скалы“.

зоя и мезозоя столь резко в Западной Европе в силу имевшихся там специфических условий. Здесь эта граница не столько эволюционная, сколько климатическая, отражающая смену растительности низменных болот ксерофитными флорами, до того развивавшимися во внутренних частях континента. А в ангарских отложениях Сибири мезофит, по существу, начинается с триаса, почти совпадая с мезозоем. Ангарские флоры с преобладанием голосеменных долго считались пермскими. Потом было установлено, что они стали формироваться в начале среднекаменноугольной эпохи и продолжали существовать до конца перми.

Резкие изменения флористического состава наблюдаются на двух уровнях: между ранним и средним карбоном и между пермью и триасом, которые совпадают также с резкими изменениями фаунистических комплексов. Данные спорово-пыльцевого анализа говорят за то, что граница палеофита и мезофита как бы расплывается, и в общем нет оснований считать границы мезофита и мезозоя несовпадающими. Мезофит сменяется кайнофитом на границе раннемеловой и позднемеловой эпох, когда первенство переходит к покрытосеменным. Но, возможно, значение этой границы до последнего времени еще недостаточно вскрыто. Она является и границей резкого обновления фауны: появляются новые группы аммонитов, иноцерамов и т. д. С другой стороны, первые высшие формы покрытосеменных отмечаются в неокоме, а пыльца типа покрытосеменных указывается из нижнего мезозоя и верхнего палеозоя. Значит, покрытосеменные появились значительно раньше, чем считалось прежде.

Таким образом, рубежи, проводимые по флористическим данным, столь же четко отбиваются, как и по фаунистическим. Асинхронность развития фаун и флор в тех пределах, в которых она представлялась прежде, — явление кажущееся. Поэтому недопустимо, как предлагалось ранее Огом, давать отдельные шкалы стратиграфических подразделений по фаунистическим данным и отдельные по флористическим. Подразделения единой шкалы должны обосновываться комплексным методом. Конечно, разница в темпах развития отдельных фаунистических и отдельных флористических групп имеется, но по отношению к ней имеет силу все то, что сказано выше о разнице в темпах развития между отдельными фаунистическими группами при рассмотрении вопроса о проведении стратиграфических границ.

СОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗНОФАЦИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Как уже упоминалось раньше, понятие о фациях было введено в геологию в конце тридцатых годов прошлого века. В 1837 г. на основании чисто теоретических соображений Прево высказал мысль о том, что в каждой геологической эпохе одно-

временно должны откладываться разного типа осадки, а именно пелагические, литоральные, флювиоморские, пресноводные и континентальные. Эти отложения при прослеживании их распространения на площади взаимно замещаются и переходят друг в друга.

Выводы отсюда получались тогда самые пессимистические: характер породы, как и характер органических форм, мало пригоден для определения возраста, так как зависит от среды, в которой проходило образование осадка. Поэтому отложения со сходным литологическим составом могут иногда содержать сходные органические комплексы, несмотря на их разный возраст, и наоборот, отложения одновозрастные, но разнофациальные, могут содержать отличающиеся друг от друга комплексы. Прево указывал, что известняки обычно содержат иные органические формы, чем глинистые и песчаные отложения.

Годом позже, в 1838 г., Аман Грессли подошел к пониманию фации уже на большом фактическом материале, собранном при изучении юрских отложений кантона Золотурн в Швейцарии. Им было сформулировано содержание этого понятия и предложен сам термин, который в последующем повсеместно укоренился. Поэтому Грессли считается основоположником фациального анализа. На конкретном материале Грессли показал, что однородный состав органических комплексов при прослеживании слоев в горизонтальном направлении в большинстве случаев связан с определенным литологическим составом вмещающих отложений. Многие из распространенных в одной фации родов и видов могут не присутствовать в других фациях того же самого горизонта. Поэтому со сменой фаций будет меняться и присущий каждой из них органический комплекс. С другой стороны, иногда налегающие друг на друга слои разного возраста могут быть представлены в одинаковой фации. Тогда сходство свойственных им комплексов может оказаться столь близким, что будет затруднительно обосновать возрастные отличия этих слоев.

В юрских отложениях изученного им района Грессли выделил вначале шесть фаций: пелагическую, субпелагическую, литоральную, коралловую, губковую и илистую. Как видно, отдельные фации имели здесь далеко не одинаковую значимость.

Сперва, о чем уже приходилось говорить, появление представления о фациях было встречено очень недружелюбно. Слишком большие осложнения вносило оно в сложившиеся в то время приемы геологических исследований, основывавшиеся в стратиграфии на метафизическом понимании роли руководящих ископаемых. От фациального анализа хотели отмахнуться, и первое время он замалчивался, но настоятельная потребность в учете фациальной обстановки при серьезных геологических работах продолжила ему путь в геологическую практику.

И, действительно, учет фациальной изменчивости вскоре позволил, например, правильно построить схему ярусного деления верхней юры. Тогда на территории Англии и Северной Америки по смене характерных литологических комплексов в ней выделялось пять ярусов:

1. Келловейский, представленный известняками и известково-песчаниками.

2. Оксфордский, сложенный глинисто-мергельной толщей.

3. Коралловый (Corallien), представленный коралловыми известняками.

4. Кимериджский, сложенный глинисто-мергельной толщей.

5. Портландский, охарактеризованный известково-песчаными слоями.

А. Оппель и другие исследователи в скором времени показали, что коралловые известняки «кораллового яруса» не представляют собой самостоятельного стратиграфического горизонта, а только коралловую фацию, которая встречается и среди оксфордских, и среди кимериджских отложений на разных стратиграфических уровнях. Коралловый ярус был упразднен.

Для восстановления фациальной обстановки в прошедшие моменты геологической истории можно было следовать несколькими путями. Во-первых, учитывать палеонтологические данные. Однако в ряде случаев непосредственно по ископаемым группам организмов, вымершим к настоящему времени, с позиций актуализма невозможно представить, о каких условиях окружающей среды они говорят. Другие группы в течение своей истории развития вынуждены были менять привычные места обитания и приспосабливаться к новым условиям. Поэтому на разных стратиграфических уровнях они могут свидетельствовать о разной фациальной обстановке. Например, в настоящее время криноидеи являются относительно глубоководными обитателями. В силуре же они пышно развивались в сообществе с рифовыми кораллами.

Вторым путем суждения о характере фациальной обстановки является анализ литологического состава. На первых порах и здесь было много затруднений. Иногда морские осадки приблизительно одинакового облика и свойств встречались в разных обстановках. Тонкие глинистые осадки, характерные с первого взгляда для спокойных лагунных условий, отмечались и на бурных отмелях Северного моря. У крутых берегов некоторых бассейнов грубообломочный материал иногда проникал на значительные глубины, образуя прослой конгломератов или брекчий в несвойственных для них батометрических зонах. Вообще представление о батометрической приуроченности для многих типов осадков претерпело значительные изменения.

Наконец, уточнение фациальной характеристики изучаемых

отложений можно получить, прослеживая их взаимоотношения и переходы в соседние фации в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Отсюда можно сделать вывод, что изучение фациальных обстановок должно вестись комплексным методом, учитывающим и палеобиологические, и литогенетические, и прочие данные, и опирающимся на основное положение о единстве организма и необходимых для него условий существования. Тогда станет ясным наблюдаемое иногда в разных районах различное вертикальное распространение одних и тех же видов, обусловленное в каждом случае продолжительностью сохранения здесь определенных внешних условий.

Передовые ученые России придавали большое значение учету фациальных особенностей отложений. Еще в начале шестидесятых годов прошлого века Э. Эйхвальд, указывая на наблюдавшуюся Форбсом смену органических комплексов в разных батометрических зонах Эгейского моря, при которой комплексы с глубины 12 и 150 футов (около 9 и 105 м) имели разный видовой состав, отмечал: «Геогносты при подобных наблюдениях на материке приняли бы в них особые ярусы разновременных осадков, а между тем они, может быть, принадлежали все к одинаковому происхождению»¹.

Большое значение выделению фаций придавал В. О. Ковалевский, ставя в заслугу А. Опелю выявление фациальных отличий при изучении юрской системы.

В специальном разделе второй главы говорилось о введении Н. А. Головкинским фациального анализа в практику геологических работ в России и о тех достижениях в трудах самого Головкинского, которые обеспечили это введение. Уже приводились примеры блестящего применения фациального анализа и восстановления истории развития бассейнов прошлого М. Э. Нонинским и Н. И. Андрусовым.

Из всего сказанного выше вытекает, что сопоставление разнофациальных отложений является очень трудным. До последнего времени оно было одним из наименее разработанных вопросов в стратиграфии. В. В. Меннер отмечает, что именно трудности корреляции разнофациальных толщ привели А. Грессли к понятию о фации.

Примером беспомощности геологии перед этой проблемой в конце прошлого века может служить хронограф Реневье, вошедший в материалы II Международного Геологического конгресса в Болонье. В нем стратотипы для каждой системы, отдела и яруса предлагались по шести разным группам фаций.

¹ Цитировано из кн. Д. Л. Степанова. «Принципы и методы био-стратиграфических исследований». Тр. ВНИГРИ, вып. 113, 1958, стр. 154.

Затруднения в разрешении проблемы сопоставления разнофациальных отложений привели к широко распространенному в свое время взгляду о необходимости разработки обособленных стратиграфических шкал для морских и континентальных отложений (и действительно, были разработаны самостоятельные стратиграфические схемы для континентальных гондванских отложений южного полушария, ангарских отложений Азии и другие). Этот взгляд разделялся и поддерживался Огом, хотя им отмечалось большое значение слоев с широко распространенными фаунами, как опорных горизонтов при выработке единой шкалы для разных типов морских отложений.

Еще в 1948 г. Н. М. Страховым отмечалась вся трудность проблемы сопоставления разнофациальных отложений, при котором он исключал прямое применение палеонтологического метода, как невозможное, и мог только рекомендовать косвенно-стратиграфические приемы.

Посмотрим, какими же методами до сравнительно недавнего времени проводилось сопоставление разнофациальных отложений.

Главным являлся стратиграфический метод, основанный на уже рассматривавшемся раньше принципе последовательности напластования. Среди разновидностей этого метода по отношению к сопоставлению разнофациальных отложений можно выделить прямой стратиграфический и косвенно-стратиграфический методы. Первый применением в случае переслаивания разнофациальных отложений или их взаимопереходов.

Районы частого переслаивания разнофациальных отложений имеют большое стратиграфическое значение, так как могут являться эталонными для разработки конкретных региональных стратиграфических шкал или контрольными при сопоставлении шкал, разработанных в соседних регионах. Примером такого разреза может являться разрез каменноугольных отложений Донбасса, где частое чередование известняков, охарактеризованных морской фауной, и угленосных отложений, расчленяемых по флористическим данным, дает много опорных горизонтов для сопоставлений. Подобные разрезы являются также хорошими эталонами, позволяющими контролировать сопоставление разнофациальных свит, проводимое разными методами. Недостатком этого метода является ограниченная возможность его применения из-за довольно значительной редкости хороших разрезов с переслаиванием разнофациальных отложений, а также из-за частой удаленности от тех территорий, для которых необходимо провести сопоставления. Это снижает значение данных разрезов как контрольных эталонов.

Сопоставление разнофациальных отложений оказывается возможным и в случае их языкового вклинивания друг в друга. Так, в свое время языковое вклинивание континентальных

отложений «олд ред» в морские девонские отложения помогло дать им определенную датировку. Но и этот способ грешит неточностью, так как неизбежные значительные перерывы в отложениях в подобных разрезах оставляют сомнение в полной синхроничности сопоставляемых горизонтов.

Идеальным случаем при сопоставлении может считаться такой, когда удастся осуществить непосредственное прослеживание перехода разнофациальных толщ друг в друга, но переходы резко различных по фациальной характеристике отложений (например, морских и континентальных) чаще всего сопровождаются значительными перерывами. Кроме того, к зонам переходов на обнажившихся породах приурочены наиболее интенсивные проявления процессов денудации и выветривания, что очень сильно затрудняет непосредственное прослеживание.

Косвенно-стратиграфический метод основывается на сходстве положений сравниваемых разнофациальных толщ, зажатых между идентичными палеонтологически охарактеризованными маркирующими горизонтами. Но и в том случае, когда подстилающий горизонт первого разреза в точности соответствует подстилающему горизонту второго (сравниваемого), а покрывающий горизонт первого разреза соответственно покрывающему второго, не всегда можно быть уверенным, что заключенные между ними толщи равны по объему. Иногда более или менее значительные перерывы при отложении одной из толщ могут сделать ее равной только какой-то части другой толщи.

В. В. Меннер (1962) указывает, что одним из лучших доказательств действительности обычного стратиграфического метода сопоставления разнофациальных отложений является современная стратиграфическая шкала Европы, в которую на равных правах входят как морские, так и континентальные отложения.

В редких случаях сопоставлению разнофациальных отложений помогало переотложение представителей, характерных для одной фациальной обстановки, в отложения другой. Например, переотложение представителей наземной фауны позвоночных в морские отложения, трупы которых или кости могут переноситься реками и попадать в море. При этом наземные (континентальные) органические комплексы или их отдельные представители получают датировку по морским комплексам. Представители аналогичных наземных комплексов, встреченные в коренном залегании, дают основание относить вмещающие отложения к определенному горизонту, установленному в месте совместного нахождения континентальных и морских форм. Но не всегда можно быть уверенным, что встреченные в морских слоях переотложенные представители континентальной фауны синхронны по времени своего существования образованию данных слоев. Иногда их скелетные остатки могут быть вымыты реками из более древних отложений и затем вынесены в море.

Если возрастной разрыв между переотложенными континентальными органическими формами и морскими, синхронными осадками, велик, избежать ошибки может помочь уже их родовой и видовой состав. При относительно небольших разрывах в возрасте применение этого метода чревато ошибками.

Очень часто совместное нахождение в ископаемом состоянии представителей разных обстановок обитания можно встретить в лагунных условиях, где эти обстановки переплетаются или соприкасаются. Поэтому многими исследователями придается большое значение изучению разрезов лагунных отложений в целях корреляции разнофациальных толщ. С этими отложениями связаны наиболее благоприятные условия для сохранения в ископаемом состоянии захороненных организмов. Здесь часто встречаются многочисленные остатки насекомых, приобретающих сейчас большое стратиграфическое значение благодаря четкости различия отдельных групп и форм, массовости находок и широкой территориальной распространенности.

Уже упоминалось, что иногда прослой легкой фракции могут помочь сопоставлению разнофациальных отложений. Однако не всегда удастся с достаточной достоверностью выделить одни и те же маркирующие прослои в разных, особенно удаленных разрезах.

Многое может сделать для решения данной проблемы применение радиологического и палеомагнитного методов, о чем также говорилось выше. Но точность получаемых этими методами результатов в настоящее время оставляет желать большего.

Значительный прогресс в сопоставлении разнофациальных отложений внесло применение за последние 10—15 лет биостратиграфических методов. Теоретическая основа применения их для данной цели освещена трудами В. М. Меннера (1953, 1961, 1962).

Сопоставление этими методами ведется, главным образом, по двум направлениям: путем применения спорово-пыльцевого анализа и путем выявления периодичности в развитии фаун и флор в течение определенных отрезков геологического времени на исследуемой территории.

Итак, спорово-пыльцевой анализ является методом прямого сопоставления разнофациальных отложений. Ископаемые споры и пыльца были открыты в отложениях давно, еще в середине прошлого столетия, но в биостратиграфических целях спорово-пыльцевой анализ начал широко применяться сравнительно недавно. Сперва его применение ограничивалось органогенными отложениями голоцена (торфа), но затем оно распространилось на всю антропогенную (четвертичную) систему и на коренные отложения. В первую очередь этот метод стал разрабатываться для расчленения и сопоставления угленосных отложений, а потом постепенно и для минеральных. В 1941 г. И. М. Покров-

ской из маастрихтских песков в бассейне р. Аята на Урале, хорошо охарактеризованных фаунистическим материалом, впервые был выделен богатый спорово-пыльцевой комплекс, благодаря которому оказалось возможным сопоставить песчаный разрез морского маастрихта с соседними синхронными континентальными толщами.

К концу сороковых годов работами С. Н. Наумовой, И. М. Покровской и других было доказано широкое распространение ископаемых спор и пыльцы и в мезозойских, и в палеозойских отложениях, и не только в континентальных, но и в морских, начиная с кембрия. В. В. Меннер отмечает, что этим сразу был дан в руки геологов метод прямого сопоставления разнофациальных отложений, хотя это и оставалось неосознанным почти до пятидесятих годов.

В чем же преимущества спорово-пыльцевого анализа? Если взять морские отложения и проследить изменения представителей животного мира между последовательно сменяющимися друг друга фациями, то можно встретить хотя бы немногочисленные эврипичные формы, развитые в разных фациях. Они помогают при увязке разрезов сопоставлению этих фаций. При прослеживании переходов от морских к континентальным отложениям общие формы будут отсутствовать совершенно. Споры же и пыльца в больших массах разносятся ветром в атмосфере и более или менее равномерно оседают на поверхности суши и на водной поверхности морей и океанов. Однако, как показали исследователи, в спорово-пыльцевых спектрах преобладают местные формы. Занесенные из очень удаленных мест составляют лишь несколько процентов. Наблюдается относительная устойчивость состава спорово-пыльцевых спектров разных районов даже при уменьшении абсолютного числа спор и пыльцы, захороненных в морских условиях, с удалением от берега.

Таким образом, для соответствующих интервалов геологического времени в определенных районах устанавливаются характерные для них спорово-пыльцевые комплексы и в морских, и в континентальных отложениях, что обеспечивает возможность прямого сопоставления разнофациальных толщ. Конечно, не нужно представлять себе, что подобные сопоставления всегда даются легко и проводятся просто. Содержание ископаемых спор и пыльцы в породах зависит от состава последних и резко колеблется (иногда в сотни раз) при переходе от одних синхронных пород к другим. Лучше всего сохраняются и чаще встречаются споры и пыльца в торфе и угле, среди минеральных пород массовое скопление их приурочено обычно к пелитовым терригенным илам; хуже всего они захороняются и редко встречаются в грубообломочных терригенных отложениях, особенно в глауконитовых песках. Неблагоприятную для сохранения спор и пыльцы обстановку представляет, например, известковистая

среда. Затрудняющим моментом является часто наблюдаемое переотложение спор и пыльцы вследствие хорошей сохранности их оболочек, что требует особой осторожности при составлении выводов аналитиком. Но, несмотря на различный состав пород и колебания в количестве захороненных в них спор и пыльцы, как указывалось выше, можно выделять характерные синхронные спорово-пыльцевые спектры, дающие основу для сопоставлений.

Следующие особенности спорово-пыльцевого материала обеспечили ему важное место в стратиграфическом расчленении разрезов (особенно континентальных отложений, не охарактеризованных или недостаточно охарактеризованных иными группами организмов), а также в корреляции разрезов, представленных разнофациальными отложениями.

Во-первых, массовое нахождение спор и пыльцы по всему разрезу осадочных образований литосферы, в том числе и в морских отложениях, что до сравнительно недавнего времени казалось проблематичным.

Во-вторых, быстрота изменчивости спорово-пыльцевых комплексов по разрезу. Пока представления об изменении флористических комплексов по вертикали основывались на изучении макроостатков флоры и, главным образом, листовых отпечатков, существовало мнение об очень медленном развитии растительных форм. Но это объяснялось тем, что наилучшие условия для захоронения и сохранения в ископаемом состоянии листовых отпечатков приурочены к болотной обстановке, а среди болотной растительности встречается большое количество реликтов, которые и создавали впечатление очень медленной изменчивости флоры во времени.

Изменчивость же спорово-пыльцевых спектров во времени иногда очень сходна с изменчивостью других органических групп. Встречаются малоизменяющиеся и быстроизменяющиеся растительные формы и группы, а также ограниченно распространенные по вертикали и тем приобретающие «руководящее» значение. В пределах отдельных стратиграфических единиц эта изменчивость бывает иногда большей, чем у фаунистических комплексов. Так, в девоне Русской платформы выявлено 19 сменяющих друг друга четко различающихся флористических комплексов. Из них 9 комплексов принадлежат франскому ярусу, тогда как по брахиоподам в том же франском ярусе можно выделить только 6 подразделений.

В-третьих, характерна выдержанность спорово-пыльцевых комплексов для определенных стратиграфических горизонтов в пространстве. Выше отмечалось, что привнос пыльцы издалека — сравнительно редкое явление, и ее процент в захороненных спорово-пыльцевых комплексах континентальных отложений невелик (эти комплексы отражают, в основном, растительные

ассоциации своего района). Но тем не менее для многих стратиграфических подразделений наблюдаются общие характерные черты в свойственных им комплексах.

Например, выдержанность спорово-пыльцевых комплексов аптского яруса отмечается для таких территорий, как Подмосковье, Крым, Восточное Закавказье, Западный Казахстан. Некоторые группы, преобладающие в количественном отношении в спектрах из всех перечисленных районов, в разных разрезах могут находиться в несколько отличных количественных соотношениях. Так, в Крыму, по сравнению с другими областями, хвойные превалируют над папоротникообразными, тогда как в остальных местах наблюдается обратная картина. Но есть одна черта, общая для всех упомянутых территорий, отличающая аптские спорово-пыльцевые спектры от развитых выше альбских. Это незначительное процентное содержание пыльцы саговиков, слабое развитие кипарисовых. Значительное участие последних групп в составе спектров является отличительной чертой в флористической характеристике альбского яруса.

Второй путь сопоставления разнофациальных отложений — это выявление периодичности в развитии фаунистических и флористических комплексов на отдельных территориях в определенные моменты их геологической истории.

При рассмотрении филогенетического метода стратиграфического расчленения и корреляции разрезов указывалось на значение этапности процесса эволюции органического мира, охватывающей большое количество групп. Этапность в развитии этих групп находится в неразрывной зависимости от изменений физико-географической обстановки, которые влияют одновременно, хотя и по-разному, на все группы видов в данном месте. В настоящее время этапность в развитии органического мира устанавливается не только для крупных интервалов геологического времени, но и для более дробных. При этом более дробная этапность в принципе отличается только масштабом явлений и дает основание для выделения более дробных стратиграфических единиц, даже мельче яруса.

Развитие органического мира идет непрерывно, но под воздействием изменений условий внешней среды быстрота его то более, то менее резко меняется. При периодическом изменении факторов окружающей среды, не вызывающем еще значительных изменений в составе органических комплексов, будет фиксироваться определенная периодичность в соответственном реагировании последних на происходящие внешние изменения. Само реагирование органических групп в каждом случае может быть неравнозначным. Для одних одно и то же изменение внешних факторов может создать оптимальные условия и благоприятствовать их расцвету. Для других данные изменения окажутся безразличными, но способствующими их развитию вследствие

устранения конкурентов, для которых будут губительными. Наконец, остальным группам, являясь для них неблагоприятными, дадут толчок к усиленной изменчивости и приспособлению к новым условиям. Однако важно то, что разные группы, реагируя каждая по-своему, будут изменяться относительно одновременно под воздействием одних и тех же факторов. Фиксация одновременных изменений различных комплексов в отложениях разных зон седиментации одного бассейна (или нескольких, но имеющих тождественную геологическую историю) дает основу для сопоставления разнофациальных отложений, соответствующих отдельным циклам литогенеза, даже при отсутствии в них общих форм или групп.

Выявление совпадения критических моментов изменения органических групп с определенными этапами в процессе осадконакопления началось еще с классических работ Н. И. Андрусова, применившего точную послойную привязку всех встреченных в разрезе ископаемых.

В качестве примера установления небольших этапов в развитии отдельных органических групп может быть приведено выделение дробных, но четких подразделений в среднекаменноугольных отложениях Русской платформы по фауне фораминифер. В нижних частях этих подразделений встречаются комплексы с большим числом вновь появившихся форм, в средних представлены наиболее богатые комплексы, которые кверху значительно обедняются. Вверху начинают преобладать длительно существующие эвригалинные формы и появляются редкие формы, наиболее широко развивающиеся в последующих горизонтах (Д. М. Раузер-Черноусова и Е. Л. Кулик, 1949).

Сходная картина наблюдается и на флористическом материале. Так, для верхнедевонских отложений отмечалось совпадение циклов осадконакопления и этапов развития в растительном мире по палинологическим данным. В начале нового этапа среди спор преобладают формы с тонкими и гладкими оболочками, в средней части комплексы становятся богатыми и разнообразными, в верхах происходит заметное обеднение.

Примером совпадения критических моментов развития в разных группах организмов может служить совпадение развития фузулинид, брахиопод и мшанок, изучавшихся разными исследователями в верхнем карбоне Приуралья (рис. 25).

Несмотря на различный характер реагирования у каждой из этих групп при изменении внешних условий, совпадение переломных моментов в их развитии совершенно очевидно. Как следует из приводимого графика, брахиоподы (2) наиболее резко реагируют на изменение условий (резкие переломы кривых на чертеже). Для мшанок (3) кривая развития имеет совершенно иной характер. Но все же все пики, которые могут быть отмечены для брахиопод, отмечаются на кривой, построенной для мшанок.

Кривая развития фузулинид (1) имеет свой отличный характер, но самые основные переломные моменты совпадают и здесь.

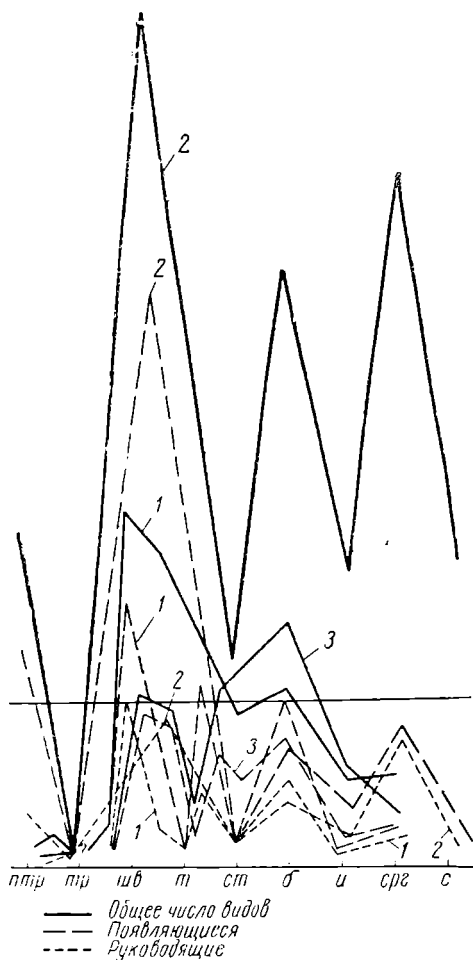


Рис. 25. Кривые развития различных групп фауны в Приуралье на границе перми и карбона (В. В. Меннер, 1953): 1 — фузулиниды; 2 — брахиоподы; 3 — мшанки (буквы обозначают сокращенные наименования горизонтов)

Следовательно, на изменения внешних условий реагируют все группы, реагируют по-разному в зависимости от того, что это за группа и что представляют для нее происходящие изменения. Но реагирование всех групп протекает более или менее одновременно, так как все группы организмов тесно связаны с окружающей средой.

Помимо этого, возможно использование в целях сопоставления следующих моментов, которые, однако, на практике встречаются сравнительно редко.

Во-первых, можно использовать следы наземных позвоночных животных, оставляемые на морских пляжах и хорошо захороняющиеся в тонком илистом субстрате. По сохранившимся следам определяется родовая и даже видовая принадлежность оставивших их животных. Богатые местонахождения следов были указаны, например, О. С. Вяловым из неогеновых отложений Карпат. Тут же на пляжах могут встречаться представители синхронной морской фауны беспозвоночных, по

которым чаще всего даются геологические датировки. Обнаружив затем в континентальных отложениях, удаленных от района прибрежной полосы древнего бассейна, кости тех форм, представители которых оставили следы на пляжах, можно в неко-

торых случаях сопоставлять вмещающие костные остатки толщи с определенными горизонтами в морских отложениях, содержащими синхронную фауну беспозвоночных.

Следующим случаем, помогающим сопоставлению разнофациальных отложений, будет являться занос остатков морских животных, и в первую очередь раковин фораминифер, в континентальные отложения. Отмечались довольно частые явления образования песчаных пляжей из раковинок бентонных фораминифер на берегах Красного, Средиземного, Адриатического морей, вымытых из зарослей водорослей. При развевании эти пески примешиваются к дюнным пескам побережья, а отдельные раковины могут заноситься еще дальше в глубь материка и перетеклаываться в континентальных отложениях. Этим создаются сходные с описанными выше предпосылки для корреляции. Иногда могут переноситься и раковины других групп организмов. Например, в дюнных песках Гавайских островов насчитывается до 25 видов морских беспозвоночных.

Редкий, но перспективный для сопоставлений, случай представляют отложения, сформировавшиеся на месте мангровых зарослей. Эти заросли, образующие непроходимые чащи тропических лесов, развитых на побережье морей и в устьях крупных рек жаркого пояса, постоянно или во время приливов заливаются водой. С морской водой сюда заносятся представители морской фауны. С деревьев могут попадать в воду наземные животные как крупные, так и мелкие, особенно такие распространенные, как насекомые. В результате здесь образуются совместные захоронения морских и континентальных организмов, дающие ключ для сопоставления разнофациальных отложений.

Большое внимание уделяется в настоящее время дельтовым обстановкам, материал по которым может быть использован при корреляции. Во-первых, здесь наблюдаются пограничные фации между суши и морем, и иногда возможно прослеживание их взаимных переходов. Затем темп осадконакопления достаточен для обеспечения хороших условий захоронения. Принос ветрами с пляжей раковин морских животных обуславливает довольно частое захоронение их в дельтовых отложениях. Здесь же могут встречаться многие эвригалинные формы, переносящие значительное опреснение, развитые иногда и в дельтах, и в чисто морских фациях. Реками же с континента выносятся и захороняются в дельтах трупы и кости наземных животных, обитающих внутри материка. Богатая фауна, живущая на многочисленных островах, развитых в дельтах, во время разливов может гибнуть в массе, сноситься в более глубокие места и захороняться тут же. А массовые скопления обеспечивают большие шансы на сохранение в ископаемом состоянии. Точно так же легко могут попадать в дельтовые отложения остатки наземной флоры. Таким образом, и здесь должны встречаться ключевые разрезы.

Важно отметить, как указывалось, что отложения дельтовых обстановок, наиболее близких к базису эрозии, чаще всего сохраняются среди отложений, соответствующих самым древним периодам. Поэтому здесь можно встретить в переотложенном состоянии представителей континентальных инфрафацций, совершенно исчезнувших из геологической летописи.

БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП ОРГАНИЗМОВ

Биостратиграфическое значение отдельных групп организмов определяется разными факторами. Как уже отмечалось в главе второй, характер и масштаб изменений органического мира, связанных с его эволюцией и приуроченных к определенным рубежам в геологической истории Земли, являются одним из главных критериев выделения стратиграфических единиц. Появление и развитие отдельных групп организмов определенного таксономического ранга, фиксируемых в определенных интервалах сводного стратиграфического разреза, служат основанием не только для выделения, но и для установления объема стратиграфических подразделений. Поэтому прогрессивные, быстро изменяющиеся органические группы, в развитии которых достаточно четко прослеживается этапность, связанная с этапностью в процессах осадконакопления, будут обладать наибольшим биостратиграфическим значением.

Представители некоторых групп, характеризующих тот или иной существенный этап в общей эволюции органического мира, могут нечасто встречаться в ископаемом состоянии. Но это не снижает их общего биостратиграфического значения. Например, широкое развитие семейства *Hominidae*, центральное положение в котором занимает человек, характеризует новый антропогенный период в истории Земли. В этом заключено большое биостратиграфическое значение данного семейства, хотя его представители из-за редкости находок в ископаемом состоянии не могут быть использованы при расчленении и корреляции разрезов. Для этих целей служат группы организмов, которые имеют еще и п р а к т и ч е с к о е б и о с т р а т и г р а ф и ч е с к о е з н а ч е н и е, определяющееся следующими условиями.

Первым является достаточная частота встречаемости и способность данной группы сохраняться в ископаемом состоянии. Как бы она теоретически ни была ценна для геологических датировок, если ее представители не сохраняются или плохо сохраняются в ископаемом состоянии, практическое биостратиграфическое значение их сводится к нулю. Затем, как уже отмечалось, биостратиграфическое значение тех или иных групп будет зависеть от сжатости их вертикального диапазона распространения

и широты горизонтального. Прекрасно сохраняющиеся группы, но обладающие большим вертикальным или очень ограниченным горизонтальным распространением, имеют второстепенное биостратиграфическое значение или не имеют его вовсе. Наконец, биостратиграфическое значение определенной группы организмов будет зависеть от существующего в настоящее время уровня методики выявления видовых и прочих тонких признаков у ее представителей. История биостратиграфии знает много примеров, когда группы, не имевшие почти никакого биостратиграфического значения, с применением новой методики их изучения становились в этом отношении важными и даже ведущими.

Биостратиграфически важные группы при достаточно полной их изученности обнаруживают на конкретных примерах вполне четко выраженную этапность в своем развитии, как в крупных интервалах геологического времени, так и в более дробных (см. Основы палеонтологии, 1958).

Почти у всех длительно существующих групп могут быть выделены палеозойский, мезозойский и кайнозойский этапы развития, связанные с соответствующими крупными преобразованиями в структуре земной коры и изменениями физико-географической обстановки. Это, как уже указывалось, свидетельствует об объективности критериев стратиграфического расчленения отложений, слагающих земную кору, поскольку сходные этапы в целом однозначно выделяются на основании изучения развития почти любой крупной группы организмов. Далее, по многим группам могут быть выделены раннепалеозойский и позднепалеозойский этапы в развитии органического мира, соответствующие в грубых чертах первый каледонскому, а второй герцинскому этапам в развитии земной коры. Группы, обладающие высокими темпами филогенетического развития, дают последовательные ряды комплексов форм, связанных с более тонкими изменениями в развитии физико-географической обстановки и отвечающих этапам формирования ярусов.

В общем плане четко обрисовывается мезозойский этап развития, получающий наиболее полную характеристику в юрско-меловое время. При более детальном рассмотрении эволюции мезозойских групп в нем выделяется триасовый этап либо по специфичности развитых в нем комплексов, либо по сильному сокращению представителей соответствующих групп в зависимости от того, как те или иные группы реагировали на крупные преобразования в структуре земной коры и на сокращение морских бассейнов, происходившие в этом периоде. По целому ряду групп хорошо выделяются юрский и меловой этапы и изменения на границе ранне- и позднемеловой эпох.

Наконец, выделяется кайнозойский этап с соответствующими подчиненными менее крупными этапами. Для более четкого подразделения кайнозойских отложений особенно требуется при-

влечение материала также по наземным фаунам позвоночных и по флористическим группам.

В качестве общего вывода напрашивается тот, что для детализации биостратиграфического расчленения отложений требуется все более углубленное изучение эволюции многих групп организмов, которое будет способствовать восстановлению все более и более дробных этапов в развитии земной коры, соответствующих дробным стратиграфическим подразделениям.

О том, сколь важно углубленное изучение палеонтологического материала в стратиграфических целях, хорошо сказано А. Н. Криштофовичем:

«Геолог-стратиграф в своих исследованиях должен быть прежде всего биологом и не забывать основных законов распределения жизни на земном шаре. Палеонтология (в том числе и палеоботаника) даст неизмеримо больше как для самой стратиграфии, так и для характеристики условий существования ландшафтов в прошлые эпохи, если мы учтем все слабые стороны палеонтологического метода, изучим прежде всего то орудие, которым мы хотим работать. Если мы слишком понадеемся на наше орудие, оно сломается прежде, чем мы закончим малую часть нашей работы»¹.

¹ А. Н. Криштофович. Задачи и методы изучения ископаемой флоры для целей стратиграфии. Мат. ВСЕГЕИ, палеонтология и стратиграфия, сб. 5, 1948, стр. 163.

- Айзенберг Д. Е. 1952. К вопросу о руководящих видах в палеонтологии. Геологический журнал, т. XII, вып. 1, изд. АН УССР.
- Андрусов Н. И. 1897. Ископаемые и живущие Dreissensidae Евразии. Тр. СПб. об-ва естествоисп., отд. геол. и минерал., т. XXV.
- Андрусов Н. И. 1897а, 1889, 1906. Неогеновые отложения Южной России. Зап. Всерос. минерал. об-ва, т. XXXIV, т. XXXVI, XLII.
- Андрусов Н. И. 1923. Апшеронский ярус. Тр. Геол. Ком., нов. сер., т. CX.
- Архангельский А. Д. 1928. Общая геологическая карта Европейской части СССР. Лист 94. Геологическое строение западной половины листа. Тр. Геол. Ком., нов. сер., вып. 155.
- Батурин В. П. 1947. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. Изд-во АН СССР.
- Беляевский Н. А. и Горский И. И. 1961. Направления и задачи предстоящих стратиграфических исследований. «Советская геология», № 10.
- Борисяк А. А. 1948. Владимир Онуфриевич Ковалевский. Сб. «Люди русской науки», ОГИЗ.
- Борисяк А. А. 1948а. Александр Петрович Карпинский. Сб. «Люди русской науки», ОГИЗ.
- Вассоевич Н. Б. 1948. К методике палеонтологического изучения флиша. Мат. ВСЕГЕИ. Палеонтология и стратиграфия, сб. 5.
- Вассоевич Н. Б. 1948а. Флиш и методика его изучения, ч. I. Гостоптехиздат.
- Вашичек Милослав. 1955. Задачи палеонтологии в области изучения осадочных пород и осадочных месторождений полезных ископаемых. БМОИП, отд. геол., № 6.
- Ганешин Г. С., Зубаков В. А., Покровская И. М. и др. 1961. Объем, содержание и терминология стратиграфических подразделений четвертичной системы. «Советская геология», № 8.
- Гарьковец В. Г., Соловьева М. Н., Чекович В. Д. 1955. О некоторых основных задачах и методике биостратиграфических исследований. Изв. АН Узб. ССР, № 3.
- Геккер Р. Ф. 1938. Разрез «толщи переслаивания (а)» окской свиты нижнего карбона на р. Мсте. Мат. регион. и прикладн. геол. Ленингр. обл., Карельской АССР, сб. 2.
- Геккер Р. Ф. 1948. Очередные проблемы палеоэкологии. БМОИП, нов. сер., т. LIII, отд. геол., т. XXIII, вып. 1.
- Геккер Р. Ф. 1954. Сопоставление разрезов восточной и западной половин Главного девонского поля и основные черты экологии его фауны и флоры. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4.
- Геккер Р. Ф., 1956. К вопросу о методах биостратиграфии. Геол. сб. Львовского геол. об-ва, № 2—3.
- Геологический словарь. 1955. Госгеолтехиздат.
- Гладкова А. Н., Гричук В. П., Заклинская Е. Д., Зауэр В. В., Покровская И. М., Радзевич Н. Д., Самойлович С. Р., Седова М. А. и Стельмак Н. К. 1950. Пыльцевой анализ (под общ. ред. А. Н. Криштофовича). Госгеолтехиздат.
- Головкинский Н. А. 1869. О пермской формации в Центральной части Камско-Волжского бассейна. Мат. для геол. России, т. I.
- Гордеев Д. И. 1953. М. В. Ломоносов — основоположник геологической науки. Изд-во МГУ.
- Горский И. И. 1959. О биостратиграфии континентальных отложений. Сб. «Вопросы биостратиграфии континентальных толщ». Госгеолтехиздат.
- Гричук В. П. и Заклинская Е. Д. 1948. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. Географгиз.
- Громов В. И. 1948. Палеонтологическое и археологическое обоснование стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода на территории СССР. Тр. ИГН АН СССР, вып. 64, сер. геол., № 17.

Гурьянова Е. Ф. 1957. Закономерности распределения современной морской фауны и принципы районирования мирового океана. Вопросы палеогеографии и биостратиграфии. Тр. I сессии Всесоюзн. палеонт. об-ва.

Давиташвили Л. Ш. 1940. Развитие идей и методов в палеонтологии после Дарвина. Изд-во АН СССР.

Давиташвили Л. Ш. 1948. История эволюционной палеонтологии от Дарвина до наших дней. Изд-во АН СССР.

Давиташвили Л. Ш. 1949. Курс палеонтологии. Госгеолиздат.

Давиташвили Л. Ш. 1951. В. О. Ковалевский. Изд-во АН СССР.

Давиташвили Л. Ш. 1956. Луи Долло и его роль в разработке теоретических основ палеонтологии и исторической геологии. III научн. сессия сектора палеобиологии АН Грузинской ССР.

Данбар К. и Роджерс Дж. 1962. Основы стратиграфии. ИЛ.

Дарвин Ч., 1952. Происхождение видов. Гос. изд-во сельхоз. литературы.

Динер К. 1934. Основы биостратиграфии. ГОНТИ.

Ефремов И. А. 1950. Тафономия и геологическая летопись, кн. 1. Тр. ПИН АН СССР, т. XXIV.

Жемчужников Ю. А. 1934. Курс палеофаунистики. ГОНТИ.

Жижченко Б. П. 1948. О палеогидрологическом методе стратиграфических исследований. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3.

Жижченко Б. П. 1953. Материалы к разработке унифицированной схемы деления кайнозойских отложений юга Европейской части СССР и Северного Кавказа. Тр. ВНИИГАЗ.

Жижченко Б. П. 1958. Принципы стратиграфии и унифицированная схема деления кайнозойских отложений Северного Кавказа и смежных областей. Гостоптехиздат.

Жинью М. 1952. Стратиграфическая геология. ИЛ.

Жузе А. П., Прошкина-Лавренко А. И. и Шешукова В. С. 1949. Диатомовый анализ. Под ред. А. Н. Криштофовича. Госгеолиздат.

Жуков М. М. 1946. О неполноте геологической летописи в связи с гипотезой «убежищ» (азилей). БМОИП, нов. сер., т. LI, отд. геол., т. XXI (4).

Золотницкий Н. С. 1955. Об основных принципах стратиграфического расчленения и синхронизации осадочных толщ. Изд. Львовск. гос. ун-та.

Зубкович М. Е. 1956. К стратиграфии танетского яруса Западного Крыма. ДАН СССР, т. 108, № 5.

Зубкович М. Е. 1958. Использование конхилиофауны для реконструкции некоторых условий палеогеографической обстановки. ДАН СССР, т. 123, № 3.

Зубкович М. Е. 1960. Конхилиофауна поволжского палеогена, как основа сопоставления поволжских, украинских и крымских разрезов. Сб. «Палеогеновые отложения юга Европейской части СССР». Изд-во АН СССР.

Зубкович М. Е. 1960а. О значении вопросов стратиграфической классификации (на примере изучения палеогена Сталинградского Поволжья). Тр. Гидропроекта, сб. 3.

Иванова Е. А. 1947. Биостратиграфия среднего и верхнего карбона Подмосковной котловины. Тр. ПИН АН СССР, т. XII, вып. 1.

Иванова Е. А. 1949. Условия существования, образ жизни и история развития некоторых брахиопод среднего и верхнего карбона Подмосковной котловины. Тр. ПИН АН СССР, т. XXI.

Иванова Е. А. 1953. Детальное сопоставление морских отложений по фауне. Мат. палеонт. совещ. по палеозою. Изд-во АН СССР.

Иванова Е. А. 1955. К вопросу о связи этапов эволюции органического мира с этапами эволюции земной коры. ДАН СССР, т. 105, № 1.

Иванова Е. А. 1958. Развитие фауны в связи с условиями существования. Тр. ПИН АН СССР, т. LXIX.

Иванова Е. А. и Хворова И. В. 1955. Стратиграфия среднего и

верхнего карбона западной части Московской синеклизы. Тр. ПИН АН СССР, т. LIII.

Инструкция по организации и производству геологосъемочных работ масштабов 1 : 50000 и 1 : 25000. 1956. Гостеолиздат.

Инструкция по составлению корреляционных стратиграфических схем для территории СССР и отдельных ее регионов. 1958. Гостеолиздат.

Калмышева-Елпатьевская В. Г. 1959. О методических ошибках в применении палеонтологического метода в геологии. Уч. зап. Саратов. гос. ун-та, т. 65, вып. геол.

Карпинский А. П. 1889. Об аммонитах артинского яруса. Зап. Акад. наук, СПб., т. XXXVII, № 2.

Карпинский А. П. 1890. Об аммонетах артинского яруса и о некоторых сходных с ними каменноугольных формах. Зап. СПб. Минерал. об-ва, сер. вторая, ч. 27.

Келлер Б. М. 1950. Стратиграфические подразделения. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6.

Келлер Б. М. и Меннер В. В. 1955. Всесоюзное совещание по вопросам стратиграфии. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4.

Классификация и номенклатура стратиграфических единиц. 1934 (Правила, выработанные комитетом стратиграфической номенклатуры из представителей геологических учреждений САСШ. Переводы по геологии и полезным ископаемым, № 12). Изд. Центр. геол. б-ки.

Ковалевский В. О. 1873. Остеология *Anchitherium aurelianense* Cuv. Рассуждение для получения степени магистра по геологии и палеонтологии.

Ковалевский В. О. 1875. Остеология двух ископаемых видов из группы копытных. Изв. об-ва любителей естеств., антроп. и этногр. т. XVI, вып. 1.

Колесников В. П. 1940. О филогенетических схемах. ДАН СССР, т. XXVII, № 8.

Колесников В. П. 1947. Сингенетические схемы сарматских *Scaphandridae*. ДАН СССР, нов. сер., т. LVI, № 7.

Колесников В. П. 1947а. Значение широко распространенных видов в палеонтологическом методе изучения моллюсков. ДАН СССР, нов. сер., т. LVI, № 8.

Колесников В. П. 1947б. Проблемы борьбы и сожительства в палеонтологии. ДАН СССР, нов. сер., т. LVIII, № 7.

Колесников В. П. 1947в. Филогенез и сингенез. ДАН СССР, нов. сер., т. LVIII, № 8.

Колесников В. П. 1948. Сингенетические схемы. БМОИП, нов. сер., т. LIII, отд. геол., т. XXIII, вып. 1.

Коробков И. А. 1946. Материалы к истории нижнетретичной эпохи на территории СССР. Весн. Ленингр. ун-та, № 3.

Коробков И. А. 1950. Введение в изучение ископаемых моллюсков. Изд-во ЛГУ.

Коробков И. А. 1954. Справочник и методическое руководство по третичным моллюскам. Пластинчатожаберные. Гостоптехиздат.

Коробков И. А. 1955. Справочник и методическое руководство по третичным моллюскам. Брюхоногие. Гостоптехиздат.

Коробков И. А. 1955а. Моллюски среднего эоцена Северного Кавказа и условия их обитания. Уч. зап. ЛГУ, № 18. сер. геол. наук, вып. 6.

Красный Л. И. 1952. К вопросу о стратиграфической номенклатуре. Тр. ВСЕГЕИ. Палеонтология и стратиграфия, сб. статей.

Криштофович А. Н. 1939. Новая система региональной стратиграфии. «Советская геология», т. IX, № 9.

Криштофович А. Н. 1945. Унификация геологической терминологии и новая система региональной стратиграфии. Мат. ВСЕГЕИ. Палеонтология и стратиграфия, сб. 4.

Криштофович А. Н. 1948. Задачи и методы изучения ископаемой флоры для целей стратиграфии. Мат. ВСЕГЕИ. Палеонтология и стратиграфия, сб. 5.

Криштофович А. Н. 1957. Палеоботаника, 4-е изд. Гостехиздат.

Крылов А. Я., Силин Ю. И., Абдуллаев Р. П., Нечай Г. Н. 1962. К вопросу о палеогеографии века продуктивной толщи на Апшеронском полуострове. Тр. 10-й сессии Комиссии по опред. абс. возраста геол. формаций.

Леонов Г. П. 1953. К вопросу о принципе и критериях регионально-стратиграфического расчленения осадочных образований. Сб. памяти проф. А. Н. Мазаровича. Изд. МОИП.

Леонов Г. П. 1953а. К вопросу о задачах и методе регионально-стратиграфических исследований. Вестн. Моск. ун-та, сер. физ.-мат. и естеств. наук, вып. 4, № 6.

Либрович Л. С., 1938. О границе девонской и каменноугольной систем. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4.

Либрович Л. С. 1948. О палеонтологическом методе в стратиграфии. Мат. ВСЕГЕИ. Палеонтология и стратиграфия. Сб. 5.

Либрович Л. С. 1950. К вопросу о нижней границе каменноугольной системы. Тр. ВСЕГЕИ, вып. 1.

Ливенталь В. Э. 1949. Палеобиогенетический метод стратиграфического расчленения отложений. ДАН СССР. нов. сер., т. LXIV, № 1.

Личков Б. Л. 1946. Карпинский и современность. Изд-во АН СССР.

Ломоносов М. В. 1949. О слоях земных и другие работы по геологии. Госгеолиздат.

Майр Э., Линсли Э., Юзингер Р. 1956. Методы и принципы зоологической систематики. ИЛ.

Масленников Д. Ф. 1952. Основные задачи палеонтологов Министерства геологии на ближайшие годы. Тр. ВСЕГЕИ. Палеонтология и стратиграфия, сб. статей.

Маслов В. П. 1952. О стратиграфических подразделениях. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2.

Меннер В. В. 1950. Рост биостратиграфии в практике сталинских пятiletок. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1.

Меннер В. В. 1953. Принципы сопоставления разнофациальных свит (морских, лагунных и континентальных). Мат. палеонт. совещ. по палеозою. Изд-во АН СССР.

Меннер В. В. 1961. Неравномерность (этапность) развития органического мира и ее значение для детальной стратиграфии. Тр. МГРИ, т. XXXVII.

Меннер В. В. 1962. Биостратиграфические основы сопоставления морских лагунных и континентальных свит. Тр. ГИН АН СССР, вып. 65.

Мирчинк Г. Ф. 1935. Историческая геология, ч. 1. ГОНТИ.

Мордвилко Т. А. 1953. Основные горизонты с фауной пелеципод в разрезах нижнего мела Мангышлака. Тр. ВНИГРИ, вып. 73.

Морозов Н. С. 1955. О некоторых передовых идеях в работах Н. А. Головкинского и И. Ф. Синцова. Уч. зап. Саратов. Гос. ун-та, т. XLV, вып. геол.

Найдин Д. П. 1958. Вопросы определения климатических условий прошлых геологических периодов методом изотопной палеотермометрии. «Советская геология», № 7.

Найдин Д. П. 1959. О границах стратиграфических подразделений. БМОИП, отд. геол., т. XXXIV (3).

Наливкин Д. В. 1956. Учение о фациях. Изд-во АН СССР.

Никитин С. Н. 1888. Из поездок по Западной Европе. Изв. Геол. Ком., т. VII.

Никитин С. Н. и Чернышев Ф. Н. 1889. Международный геологический конгресс и его последние сессии в Берлине и Лондоне. «Горный журнал», т. I.

Ноинский М. Э. 1913. Самарская лука. Тр. Казанск. об-ва естеств., т. XLV, вып. 4—6.

Овечкин Н. К. 1955. Всесоюзное совещание по общим вопросам стратиграфической классификации и его итоги. «Советская геология», сб. 45.

Овечкин Н. К. 1957. Некоторые дискуссионные вопросы стратиграфической классификации. «Советская геология», сб. 55.

Овечкин Н. К. 1961. Стратиграфическая изученность территории СССР и дальнейшие задачи. Бюлл. ВСЕГЕИ, № 3.

Основы палеонтологии. 1958. (В 15-ти томах под ред. Ю. А. Орлова). Изд-во АН СССР и Госгеолиздат.

Павлов А. П. 1921. Очерк истории геологических знаний. ГИЗ.

Раузер-Черноусова Д. М. и Кулик Е. Л. 1949. Об отношении фузулиид к фашиям и о периодичности в их развитии. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6.

Раузер-Черноусова Д. М. 1953. Периодичность в развитии фораминифер верхнего палеозоя и ее значение для расчленения и сопоставления разрезов. Мат. палеонт. совещ. по палеозою. Изд-во АН СССР.

Ротай А. П. 1953. Палеонтологический метод в стратиграфии (тезисы). Мат. палеонт. совещ. по палеозою. Изд-во АН СССР.

Руженцев В. Е. 1953. Основные вопросы палеозоологической систематики в свете мичуринской биологии. Мат. палеонт. совещ. по палеозою. Изд-во АН СССР.

Руженцев В. Е. 1960. Принципы систематики, система и филогения палеозойских амmonoидей. Тр. ПИН АН СССР, т. LXXXIII.

Самойлов Я. В. 1929. Палеофизиология (палеобиохимия) и ее геологическое значение. Сб. «Биолиты».

Семина М. Д. и Флоровская В. Н. 1950. Корреляция третичных отложений Ставрополя люминесцентно-битуминологическим методом. «Разведка недр», № 3.

Сидорова Н. П. 1960. К систематике сарматских мактрид. «Палеонтологический журнал», № 2.

Степанов Д. Л. 1946. Основные проблемы стратиграфии. Тр. юбил. научн. сессии ЛГУ. Секция геол.-почв. наук.

Степанов Д. Л. 1954. Методика стратиграфических исследований. Спутник геолога-нефтяника, т. II.

Степанов Д. Л. 1958. Принципы и методы биостратиграфических исследований. Гостоптехиздат.

Стратиграфическая классификация и терминология. 1960. Госгеолтехиздат.

Стратиграфические и геохронологические подразделения. 1954. Под общ. ред. Л. С. Либровича. Госгеолтехиздат.

Стратиграфический словарь. 1937 (под ред. А. А. Борисяка).

Стратиграфический словарь СССР. 1956. Госгеолтехиздат.

Страхов Н. М. 1948. Основы исторической геологии. Госгеолиздат.

Субботина Н. Н. 1936. Стратиграфия нижнего палеогена и верхнего мела Северного Кавказа по фауне фораминифер. Тр. НИГРИ, сер. «А», вып. 96. Гостоптехиздат.

Тихомиров В. В. и Хаин В. Е. 1956. Краткий очерк истории геологии. Госгеолиздат.

Усов М. А. 1939. Фазы и циклы тектогенеза Западно-Сибирского края. Тр. XVII сессии Межд. геол. конгресса, т. II.

Фурсенко А. В. 1963. Основные вопросы микропалеонтологии фораминифер (в связи с задачами стратиграфии). Обобщ. доклад по опублик. работам, представленным на соиск. уч. степени докт. геол.-минерал. наук.

Халфин Л. Л. 1960. Принцип биостратиграфической параллелизации. Тр. Сибирского и.-и. ин-та геологии, геофизики и минерального сырья, вып. 8.

Хворова И. В. 1953. История развития средне- и верхнекаменноугольного моря западной части Московской синеклизы. Тр. ПИН АН СССР, т. XLIII.

Херасков Н. П., Келлер Б. М. и Штрейс Н. А. 1953. О геологических формациях. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4.

Храмов А. Н. 1958. Палеомагнитная корреляция осадочных толщ. Тр. ВНИГРИ, вып. 116.

Чернов А. А. 1954. О стратиграфическом значении некоторых групп палеозойских беспозвоночных в свете работ Палеонтологического ин-та АН СССР. БМОИП, отд. геол., т. XXIX, вып. 3.

Чернов А. А. 1957. О стратиграфическом значении филогенетических рядов в палеонтологии. Вопросы палеобιοгеографии и биостратиграфии. Тр. I сессии Всесоюз. палеонт. об-ва.

Шуцкая Е. К. 1960. Стратиграфия и фации нижнего палеогена Предкавказья. Гостоптехиздат.

Эйноор О. Л. 1955. Некоторые вопросы палеонтологической систематики, существенные для биостратиграфии. БМОИП, отд. геол., № 6.

Яковлев Н. Н. 1956. Организм и среда. Изд-во АН СССР.

Allan R. S. 1948. Geological Correlation and Paleocology. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 59, № 1.

Darwin Ch. 1861. On the Origin of Species. Third Edition.

Diener K. 1925. Grundzüge der Biostratigraphie. Leipzig.

Dollo L. 1893. Les lois de l'évolution. Bull. Soc. Belge de Geol., t. VII.

Dollo L. 1909. La paléontologie éthologique (Bulletin de la Soc. Belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie, t. XXIII).

Dunbar C. a. Rodgers. J. 1957. Principles of stratigraphy.

Kowalevsky W. 1873. Sur l'*Anchitherium aurelianense* Cuv. et sur l'histoire paléontologique des chevaux. Première partie. (Mém. de l'Acad. des Sciences. St. Pétersbourg. XVII série. t. XX, № 5).

Kowalevsky W. 1874. Monographie der Gattung *Anthracotherium* Cuv. und Versuch einer natürlichen Classification der fossilen Huftiere (Palaeontographica, t. XXII, Lief. 3—5).

Lyell Ch. 1830—33. Principles of geology. London, Murray.

Moor R. C. 1948. Stratigraphical Paleontology. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 59, № 4.

Newerson E. 1955. Stratigraphical Paleontology. London.

Neumayr M. u. Paul C. 1875. Die Congerien und Paludinenschichten Slavoniens und deren Faunen. Ein Beitrag zur Descendenz-Theorie. Abhandl. d. k. k. geolog. Reichsamstalt, Bd. VII, Heft 3, Wien.

Neumayr M. 1889. Die Stämme des Tierreichs. Wien und Prag.

Oppel A. 1856—1858. Die Juraformation Englands, Frankreichs und des Südwestlichen Deutschlands. Stuttgart.

Payne T. G. 1942. Stratigraphical Analysis and Environmental Reconstruction. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 26, № 11.

Pia J. 1930. Grundbegriffe der Stratigraphie. Leipzig und Vienne.

Renevier E. 1897. Chronographie géologique (C. R. Congr. Géol. Intern., sess. août 1894, Zürich.). Lausanne.

Schenk H. G. a. Müller S. W. 1941. Stratigraphic terminologie. (Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 52).

Twenhofel W. H. 1934. Sedimentation and Stratigraphy from the Modern Point of View. Journ. Paleont., vol. 8, № 4.

Waagen W. 1869. Die Formenreihe des *Ammonites subradiatus*. Benckes geognost. Paléont. Beiträge. Band № 11.

Walter I. 1893—1894. Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Jena.

Wedekind R. 1916. Ueber die Grundlagen und Methoden der Biostratigraphie. Berlin.

Wheeler H. C. a. Beesley E. M. 1948. Critique of the Time-stratigraphic Concept. (Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 59, № 1).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие	3
Введение	5

Глава первая

Основные этапы развития биостратиграфии

От первых идей к первым стратиграфическим схемам	11
Появление и развитие биостратиграфии	17
Становление и трудности роста биостратиграфии	22
Современный этап развития биостратиграфии	43

Глава вторая

Стратиграфические и геохронологические подразделения

Критерии выделения стратиграфических единиц	53
Единая стратиграфическая шкала и вспомогательные единицы	58
Объем и содержание единиц единой стратиграфической шкалы	61
Объем и содержание единиц геохронологической шкалы	65
Объем и содержание вспомогательных (региональных) стратиграфических единиц	67
Промежуточные подразделения	70
Стратиграфические обозначения свободного пользования	71
Выделение новых стратиграфических подразделений и понятие о стратотипическом разрезе	72
Зональное деление	74
История установления понятия «зона» и ее характеристика	74
Подразделения более дробные, чем зона	77
Своеобразие зонального деления отдельных систем	79
Стратиграфическое значение зон	81
Горизонт как стратиграфическая единица и корреляционные стратиграфические схемы	82
История установления понятия о горизонте как стратиграфической единице	82
Корреляционные стратиграфические схемы	86
Иные представления о типах стратиграфических шкал	89

Глава третья

Методы стратиграфического расчленения и стратиграфической корреляции разрезов. Группа физических (непалеонтологических) методов

Общие представления о стратиграфическом расчленении и корреляции	94
Группа физических методов стратиграфического расчленения и корреляции разрезов	97

Подгруппа диастрофических методов	97
Подгруппа палеогеографических методов	100
Подгруппа литолого-минералогических методов	110
Подгруппа геофизических и химических методов	113

Глава четвертая

Методы палеонтолого-стратиграфических исследований

Биостратиграфические методы расчленения и корреляции разрезов . . .	119
Эволюционное развитие органического мира — основа биостратиграфического анализа	119
Подгруппа методов расчленения и корреляции разрезов по руководящим формам и руководящим комплексам	121
Применение статистических методов	131
Подгруппа эволюционных методов	136
Подгруппа палеоэкологических методов	152
Комплексный палеогеографический метод	157
Осложняющие моменты в применении биостратиграфических методов	170
Аномальный состав органических комплексов	170
Неполнота геологической летописи	181
Некоторая гомотаксальность отдельных фаун и флор	188
Переотложение органических комплексов и нахождение их во вторичном залегании	192
Проведение стратиграфических границ на основе палеонтологического метода	195
Сопоставление разнофациальных отложений	209
Биостратиграфическое значение различных групп организмов	222
Литература	225

Мстислав Евгеньевич Зубкович

МЕТОДЫ ПАЛЕОНТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основы биостратиграфии

Редактор *М. М. Нефедова*

Художественный редактор *Э. А. Марков*

Переплет художника *А. Е. Григорьева*

Технический редактор *Н. А. Битюкова*

Корректор *В. В. Краснов*

Т—03587 Сдано в набор 29/XI—67 г. Подп. к печати 29/V—68 г.
Формат 60×90¹/₁₆ Объем 14,5 печ. л.+2 вкл. 0,4 печ. л. Уч.-изд. л. 15,37
Изд. № Е-31/64 Тираж 3000 экз. Цена 64 коп.

Тематический план издательства «Высшая школа» (вузы и техникумы)
на 1968 г. Позиция № 146

Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14,
Издательство «Высшая школа»

Московская типография № 8 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР,
Хохловский пер., 7. Зак. 2916

64 коп.

ВЫСШАЯ ШКОЛА • 1968

