

Д. Л. СТЕПАНОВ, М. С. МЕСЕЖНИКОВ

# ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЯ



«НЕДРА»

Д. Л. СТЕПАНОВ, М. С. МЕСЕЖНИКОВ

# ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЯ

(ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ  
СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ)



ЛЕНИНГРАД  
«Н Е Д Р А»  
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
1979

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Степанов Д. Л., Месежников М. С. Общая стратиграфия (Принципы и методы стратиграфических исследований). Л., Недра, 1979. 423 с.

Стратиграфия — раздел геологии, посвященный установлению пространственно-временных соотношений толщ слоистых горных пород, — является фундаментом всех геологических построений. Предлагаемая книга посвящена преимущественно вопросам практического использования различных стратиграфических методик, основанных на вещественном составе слоистых пород, их физических и химических характеристиках и заключенных в них остатках древних организмов, для расчленения, корреляции и датировки осадочных и вулканогенных образований. В специальных главах освещены общие принципы и проблема времени в стратиграфии. Подробно рассмотрены теоретические предпосылки, возможности практического применения и естественные ограничения каждого метода. Особое внимание уделено ведущему методу стратиграфии — биостратиграфическому — и случаям, осложняющим применение палеонтологического материала при стратиграфических построениях. Заключительные главы посвящены рассмотрению различных категорий стратиграфических подразделений и вопросов стратиграфической классификации.

Книга рассчитана на широкий круг геологов, занимающихся изучением слоистых толщ, а также на специалистов стратиграфов и палеонтологов. Она может быть полезной аспирантам и студентам геологоразведочных институтов и геологических факультетов университетов.

Табл. 24, ил. 163, список лит. 514 назв.

Стратиграфия является основой, краеугольным камнем геологии. С ее разработки начинается познание геологического строения и развития любой исследуемой территории. Без данных стратиграфии нельзя обойтись практически ни в одной области теоретической и прикладной геологии. Эти данные необходимы при составлении геологических, тектонических, литолого-фациальных и палеогеографических карт любого масштаба, при прогнозировании, поисках и разведке месторождений полезных ископаемых осадочного происхождения, в частности каустобиолитов — угля, нефти, природного газа. Не обходятся без данных стратиграфии также в гидрогеологии и инженерной геологии. В настоящее время в связи с проведением крупномасштабных съемок, изучением осадочного чехла шельфов и океанов, поисками и разведкой месторождений полезных ископаемых во все более сложных геологических условиях (например, поиском неструктурных залежей нефти) значение стратиграфии возрастает еще более.

Сказанное делает понятным то большое внимание, которое уделяется вопросам стратиграфии как в нашей стране, так и во всем мире. Большой размах стратиграфических исследований и новые требования, предъявляемые к ним, обусловили необходимость совершенствования старых классических методов стратиграфии и вызвали к жизни новые методы. Огромный поток поступающей стратиграфической информации требует разработки специальных приемов ее переработки и синтеза. Не менее важна разработка теоретических основ стратиграфии и методов стратиграфических исследований.

Всем перечисленным и другим, здесь не упомянутым, проблемам стратиграфии посвящена обширная литература — советская и зарубежная, в том числе многочисленные монографии и огромное количество статей, опубликованных на страницах журналов и неперiodических изданий. В то же время наметилась потребность в обобщающих работах по стратиграфии и руководствах справочно-методического характера, охватывающих весь комплекс вопросов общей стратиграфии в различных аспектах. Нельзя сказать, что такие работы вообще отсутствуют.

Только за последние два десятилетия в Советском Союзе издан ряд монографий и руководств по общей стратиграфии и биостратиграфии. Среди них книги советских авторов Б. П. Жижченко [1958, 1969], М. Е. Зубковича [1968], В. А. Красиловой [1977], Г. П. Леонова [1973, 1974], С. В. Мейена [1974а], В. В. Меннера [1962], А. М. Садыкова [1974], Д. Л. Степаиова [1958], Ю. В. Тесленко [1976], И. М. Ямниченко [1977] и переводные работы К. Данбара и Дж. Роджерса [1962], В. К. Крумбейна и Л. Л. Слосса [1960], О. Шиндевольфа [1975]. Большинство этих книг было издано ограниченным тиражом и представляет сейчас библиографическую редкость. Это, на наш взгляд, свидетельствует о неудовлетворенности читательского спроса и назревшей потребности в книге, обобщающей опыт, накопленный современной стратиграфией, и облегчающей его использование всей большой армией геологов и палеонтологов, работающих в этой области.

В предлагаемой читателю книге, задуманной как, справочно-методическое пособие по основам общей стратиграфии, предпринята попытка обобщения и систематизации сведений по теоретическим основам, принципам и методам стратиграфических исследований применительно в первую очередь к задачам нефтяной геологии. При составлении этой книги авторы наряду с обобщением данных, содержащихся в доступной им отечественной и зарубежной литературе, использовали и свой личный опыт многолетней работы в области стратиграфии. Не пытаясь с одинаковой полнотой осветить все аспекты общей стратиграфии, что при наличии фундаментального двухтомного труда Г. П. Леонова [1973, 1974] едва ли было бы оправданно, авторы сосредоточили внимание на тех ее проблемах, которые представляются наиболее необходимыми для решения повседневных задач, возникающих в процессе практической работы стратиграфа. В этом плане нам казалось особенно важным охарактеризовать сущность, возможности и область применения различных методов, используемых в стратиграфии. Признание авторами ведущего значения палеонтологического метода в стратиграфии обусловило особое внимание, уделяемое в книге принципам и методам биостратиграфических исследований. Это же обстоятельство вызвало необходимость краткого изложения основных положений общей филогенетики, составляющих принципиальную основу для использования палеонтологического метода в стратиграфии.

Основная идея этой книги — показать, как использование различных методов стратиграфии, каждый из которых имеет определенные ограничения, позволяет все же в большинстве случаев при достижении определенного уровня исследований получать вполне удовлетворительные сопоставления разрезов и решать на этой основе различные геологические задачи. Авторы старались показать также, что стратиграфия имеет свой спе-

циальные законы и правила, знание которых обязательно для любого геолога. Они полагают, что значительное увеличение эффективности геологоразведочных работ немислимо без повышения общей стратиграфической подготовки геологов, так как именно эта подготовка в конечном итоге определяет уровень всей исходной геологической информации. Поэтому авторы ориентировались на самые различные круги возможных ее читателей, в том числе как на геологов и палеонтологов, непосредственно работающих в области стратиграфии, так и на лиц, использующих результаты их исследований. Если предлагаемая книга в какой-то мере облегчит читателю ориентировку в вопросах общей стратиграфии и знакомство с ее исходными принципами, главнейшими направлениями и методами стратиграфических исследований, то авторы сочтут свою задачу выполненной.

При написании этой работы авторы пользовались консультацией и советами В. Н. Верещагина, В. А. Гроссгейма, А. И. Жамойды, Г. Я. Крымгольца, А. Н. Храмова, которым они весьма признательны за дружескую помощь. Авторы искренне благодарны В. В. Забалуеву, Г. Э. Козловой, С. А. Чирве и С. П. Яковлевой, предоставившим некоторые еще не опубликованные рисунки.

фических концепций, принципов и основное содержание книги, должно самого понятия стратиграфии как определение предмета и объекта ее решение задач, которые она призвана

стратиграфии. В геологической литературе численные формулировки, определение стратиграфии. При этом взгляды от данному вопросу существенно рас- е принято следующее определение гор, наиболее четко выражающее — геологическая дисциплина, изучающие соотношения нормально пород земной коры. Расшифровывание предмета стратиграфии, необходимо более существенные его положения за стратиграфией статуса основны или самостоятельного раздела но распространенному представляется лишь разделом исторического определения следует, что не горные породы как таковые, геологии, а пространственно-временными толщ или комплексов («стра-

ции стратиграфии следует также, вся земная кора, а только пор

жалению, в геологической литературе термин, который можно было бы Для обозначения объекта стратиграфии такой расплывчатый термин, как «геологические массы земной коры», «геологические комплексы» и т. п. Менее конкретные, как «геологические комплексы», «геологические комплексы» и т. п. Подходящим для нашей цели мог бы быть термин «стратиграфический комплекс», предложенный И. В. Кривопустовым. В действительности реально существующих целостных комплексов, рассматриваемых в качестве главных объектами стратиграфии. Однако то обстоятельство, что сам автор предлагает его в качестве синонима термина «стратиграфический комплекс», позволяет использовать «стратиграфический комплекс» в качестве синонима термина «стратиграфический комплекс», предложенного И. В. Кривопустовым. В действительности реально существующих целостных комплексов, рассматриваемых в качестве главных объектами стратиграфии.

Быть может, более пригодным для обозначения объекта стратиграфии был бы термин «природное тело», предложенный С. В. Мейен. В действительности реально существующих целостных комплексов, рассматриваемых в качестве главных объектами стратиграфии. Однако то обстоятельство, что сам автор предлагает его в качестве синонима термина «стратиграфический комплекс», позволяет использовать «стратиграфический комплекс» в качестве синонима термина «стратиграфический комплекс», предложенного И. В. Кривопустовым. В действительности реально существующих целостных комплексов, рассматриваемых в качестве главных объектами стратиграфии.

мные) массивы и соляные штоки. что в сферу стратиграфии должны гальные (интрузивные) тела. Такое афии отражено в первом издании [55]. В последнее время на этом ка- М. Садыков [1970, 1974]. К такому леонов [1973], признающий, что ме- ссификации осадочных толщ, с од- их и метаморфических, с другой — последним выводом следует согла- чение пространственно-временных х магматических тел как особую ки собственно стратиграфии.

*и графии*. Стратиграфические иссле- дятся к двум основным операциям: ению и стратиграфической параллеле- ским расчленением понимается вы- тном (или элементарном) разрезе арактеризующихся определенными ледовательности их залегания и со-

ретным (элементарным) разрезом реза какого-либо района, следуя ают разрез, фактически наблюдае- айма исследования и дающий воз- проследить последовательность за- нкретных геологических тел («стра- огой формулировке С. В. Мейена иди элементарный) разрез может

числе справочной и учебной, получ- ние выражение «стратификация ра- ется содержание, близкое к понят- членение». Однако коль скоро тер- вполне определенное значение и об- или расслоенности вещества, то ис- ражения «стратиграфическое расч- равданным. Еще менее удачно упо- «стратифицировать» в смысле осу- расчленение\*.

Под стратиграфической паралл- ставление (увязка) и установление- дельных членов различных более и друга разрезов. Конечной целью ст- зации является синхронизация, т. е. одновозрастности, слоев и толщ в с-

Однако нередко параллелизации- гомотаксальность, т. е. подобие по- мых слоев, не всегда соответствующ- (одновременности). Некоторые ис- гомотаксальности устарелым и- фин Л. Л., 1960а] или не имею- в стратиграфии [Мейен С. В., 1974- ствительности случаи, когда подл- таксальных отложений не может- редки в практике стратиграфа. И- мы еще вернемся.

В пределах ограниченных те-

только в условиях хорошей обнаженности при детальном исследовании. Примером успешного применения этого метода может служить детальная геологическая съемка Донецкого бассейна и нефтяных районов Азербайджана.

В тех случаях, когда стратиграфическая параллелизация не может быть осуществлена прямыми методами и производится на основе косвенных сопоставлений, принято говорить о стратиграфической корреляции. Под корреляцией в стратиграфии понимается сопоставление между собой и установление возрастных соотношений стратиграфических подразделений (стратонов) различных более или менее удаленных друг от друга разрезов без непрерывного их прослеживания. В этом определении необходимо подчеркнуть ведущее значение при стратиграфической корреляции одновозрастности коррелируемых отложений. Стратиграфическая корреляция может быть локальной (местной) для нескольких конкретных разрезов одного района, региональной, охватывающей разрезы целого геологического региона или осадочного бассейна, межрегиональной и, наконец, межконтинентальной или даже глобальной (датировка).

Как частный случай локальной или региональной корреляции можно рассматривать коннексию, т. е. точное сопоставление между собой отдельных циклов в различных разрезах ритмично построенных толщ. Коннексия применяется при изучении флишевых толщ различного возраста, четвертичных ленточных глин, солей и красноватых. Осуществляется она на основе ритмостратиграфических методов.

Послойную корреляцию продуктивных нефтяных и угольных пластов называют их синонимикой; последняя устанавливается для целых бассейнов или же в пределах территории, размер которой определяется практическими задачами, связанными с изучением нефтегазоносности или угленосности. При этом синонимика нефтегазоносных пластов, часто представляющих собой изолированные песчаные линзы, приуроченные к отдельным структурам, определяет лишь их порядок в разрезе продуктивных свит или комплексов.

Обе рассмотренные выше операции (расчленение и параллелизация) тесно связаны друг с другом и, по существу, представляют собой два аспекта или два этапа стратиграфического исследования. Первым, начальным, этапом является стратиграфическое расчленение конкретных разрезов, вторым — их параллелизация.

К числу исходных положений стратиграфии принадлежит интерпретация стратиграфических данных в отношении датировки (установление возраста) и продолжительности формирования стратиграфических подразделений. Как показано Г. П. Леоновым [1973], историческая интерпретация стратиграфических данных имеет два аспекта: хронологический и собственно исторический.

Хронология в чистом виде представляет собой установление последовательности во времени событий, сопровождаемое их датировкой, т. е. привязкой к определенному подразделению принятой шкалы измерения времени. Простое установление хронологической последовательности совершения событий не является их классификацией, а представляет собой лишь подготовительный для последней этап систематизации, т. е. установление объективно существующего исторического ряда явлений.

Группировка событий по времени их совершения может рассматриваться как их хронологическая классификация. Эта классификация является условной, поскольку она базируется на формальном признаке — соответствии определенному подразделению принятой шкалы времени. Отражающая лишь общую закономерность хронологического распределения рассматриваемых явлений, хронологическая классификация возможна только при наличии соответствующей шкалы времени, в нашем случае геохронологической шкалы.

Условной хронологической классификации противопоставляется собственно историческая классификация, или естественная периодизация явлений. Последние в этом случае группируются по каким-либо признакам, которые наиболее целесообразно выбрать для изучаемого интервала разреза в конкретном регионе. В свою очередь эти признаки отражают историю развития региона, и сам их выбор обусловлен особенностями этого развития. Таким образом, при естественной периодизации явления группируются по их внутренней связи друг с другом вне зависимости от продолжительности соответствующего отрезка времени. Естественная периодизация явлений применительно к стратиграфии, главным объектом исследования которой служат толщи осадочных горных пород, должна базироваться на естественной периодизации процесса их формирования и выделения естественных этапов осадконакопления.

Как указывает Г. П. Леонов [1973], стратиграфическое расчленение любого конкретного разреза может осуществляться двумя основными путями. Первый из них — путь хронологического расчленения данной последовательности слоев — требует наличия геохронологической шкалы. Вторым путем — естественное стратиграфическое расчленение той же последовательности слоев на базе естественной периодизации соответствующего историко-геологического процесса. Первый путь соответствует задаче создания общей хроностратиграфической и адекватной ей геохронологической шкал. Вторым путем реализуется разработка региональных стратиграфических шкал. Оба эти направления взаимно дополняют друг друга, что свидетельствует о единстве основных принципов общей и региональной стратиграфии.

*Основные задачи стратиграфии.* На основании изложенного выше определения предмета стратиграфии и характеристики не-

посредственных объектов ее исследований главной задачей этой дисциплины являются установление исторической последовательности образования и возрастная интерпретация стратонов, имеющие конечной целью разработку хронологической шкалы для датировки геологических событий и периодизации геологической истории. Этой главной общей задаче стратиграфии подчинены три более частные задачи: 1) расчленение разрезов и выделение стратиграфических подразделений (стратонов) для отдельных участков земной коры; это направление имеет своим результатом создание локальных (местных) и региональных стратиграфических схем, отражающих конкретный ход процесса геологического развития данной территории; 2) проведение межрегиональной корреляции стратиграфических подразделений (стратонов) различных категорий и рангов; это направление стратиграфических исследований создает базу для решения третьей, главной, задачи стратиграфии; 3) создание общей (универсальной или международной) хроностратиграфической шкалы на базе межрегиональной корреляции; эта шкала, абстрагированная от частных региональных схем и не содержащая собственных последних пробелов, является основой для разработки адекватной ей геохронологической шкалы.

Три перечисленные задачи стратиграфии, принятые в качестве основных в «Стратиграфическом кодексе СССР», отражают последовательные стадии или уровни стратиграфического исследования от расчленения и параллелизации конкретных разрезов через их межрегиональную корреляцию к планетарному синтезу. Однако каждая из этих основных задач является одновременно и самостоятельным направлением стратиграфических исследований, результаты которых имеют применение в геологии. Так, первое направление стратиграфических исследований имеет выход в повседневную практику геологоразведочного дела, обеспечивая стратиграфической основой крупномасштабную геологическую съемку, поиски и разведку полезных ископаемых, а также различные специальные локальные и региональные исследования (гидрогеологические, инженерно-геологические и т. д.).

Второе направление связано с обеспечением стратиграфической основой сопоставления геологических карт среднего и мелкого масштаба, а также палеогеографических и прогнозных карт территорий, охватывающих несколько геологических регионов.

Третье направление стратиграфических исследований подготавливает необходимую базу для историко-геологических обобщений планетарного масштаба, а с другой стороны, обеспечивает универсальной основой проведение работ по первым двум направлениям.

*Самостоятельность и единство стратиграфии.* В вышеприведенном определении стратиграфии, принятом в данной работе, за ней признается статус самостоятельной геологической дис-

циплины, что подразумевает прежде всего наличие у нее собственных принципов и методов исследования, которые в дальнейшем будут рассматриваться. Однако такое понимание стратиграфии не является вполне общепринятым, поскольку существует мнение о том, что стратиграфия является лишь разделом или отраслью исторической геологии. Эта точка зрения нашла отражение в таких авторитетных изданиях, как «Геологический словарь» [1973] и «Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура» [1965]. Компромиссную точку зрения в вопросе о статусе стратиграфии занял в своем трактате, посвященном теоретической стратиграфии, С. В. Мейен [1974а], с одной стороны, постулирующий самостоятельность стратиграфии, а с другой — признающий «разумным» считать ее частью исторической геологии. Однако, как было показано выше, стратиграфия обладает достаточно четко ограниченным предметом, объектами и задачами исследования, что позволяет рассматривать ее как особую фундаментальную отрасль геологии (геологическую дисциплину), являющуюся базисной не только для исторической геологии, но в равной мере для структурной геологии и учения о полезных ископаемых.

Рассматривая стратиграфию как самостоятельную геологическую дисциплину, одновременно следует подчеркнуть ее единство, в противовес взглядам авторов, принимающих самостоятельность ее подразделений, прежде всего биостратиграфии, противопоставляемой собственно стратиграфии. Так, Л. Ш. Давиташвили [1949а, с. 233] считал, что «под биостратиграфией следовало бы понимать историю развития органического мира — эволюционного развития организмов, совершающегося в неразрывной связи с развитием среды». В такой интерпретации задачи биостратиграфии совпадают с конечной целью палеонтологии, изучающей историю развития органического мира. И. А. Коробков [1950, с. 3] рассматривал биостратиграфию как науку, являющуюся связующим звеном между биологией и стратиграфией и «занимающуюся изучением органической жизни в ее исторической связи с геологическими процессами». И. В. Круть [1973] в своей схеме классификации наук (табл. 2 на с. 47) обособляет биостратиграфию от собственно стратиграфии. Самостоятельность биостратиграфии как особой дисциплины принята и в посвященной ей книге Т. Николова [1977]. С подобным обособлением биостратиграфии от стратиграфии в целом, а тем более с противопоставлением биостратиграфии другим направлениям последней, в частности литостратиграфическому, трудно согласиться.

В настоящей книге биостратиграфия рассматривается в качестве раздела стратиграфии, как область приложения к ней палеонтологического метода.

## ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ СТРАТИГРАФИИ

Являющаяся основой если не для всех, то для подавляющего большинства геологических дисциплин, стратиграфия зародилась почти одновременно с возникновением геологии как отрасли естествознания. Поэтому развитие стратиграфии, особенно в период ее зарождения и становления, неотделимо от истории геологии в целом.

В нашей литературе имеется ряд работ по истории геологических знаний, в том числе фундаментальная «История геологии» [1973] коллектива авторов под редакцией И. В. Батюшковой. С наибольшей полнотой вопросы истории стратиграфии освещаются в двухтомной монографии Г. П. Леонова «Основы стратиграфии» [1973, 1974]. Это обстоятельство делает излишним подобное систематическое рассмотрение истории стратиграфии и позволяет ограничиться кратким обзором основных этапов ее развития. При этом главное внимание уделяется рассмотрению работ, сыгравших особо важную роль в формировании основных принципов стратиграфии и разработке методов стратиграфических исследований. Принятая в нашем обзоре периодизация истории стратиграфии совпадает в основных чертах с этапами истории геологических знаний, выделенными и обоснованными в упомянутой выше «Истории геологии».

### 1.1. ПРЕДЫСТОРИЯ СТРАТИГРАФИИ

К предистории стратиграфии мы относим длительный период накопления фактов и наблюдений, подготовивших базу для возникновения стратиграфии как самостоятельной области геологии во второй половине XVIII в. К этому периоду относятся прежде всего высказывания отдельных античных мыслителей об органической природе окаменелостей и основания на этом выводы о водном происхождении известняков, заключающих окаменелые раковины моллюсков.

Эпоха Средневековья явилась для Европы эпохой застоя естественных наук, обусловленного гнетом библейских догм и схоластики. Развитие естествознания продолжалось, однако, в странах Ближнего и Среднего Востока.

В трудах Ибн-Сины (Авиценны) и его современника Бируни (первая половина XI в.) содержится ряд наблюдений и выводов геологического порядка. В частности, Ибн-Сина дал рациональное истолкование нахождению в горах слоев, заключающих морские раковины.

С наступлением эпохи Возрождения в Европе в XV—XVI вв. начинается расцвет науки и культуры, проявившийся и в области естествознания. Леонардо да Винчи (1452—1519), обобщая свои геологические наблюдения, сделанные при сооружении каналов в Северной Италии, изложил свои близкие к современным представления об образовании земных слоев и возникновении окаменелостей.

В XVII в. появляется ряд работ, в которых рассматриваются различные проблемы геологии, в том числе образования горных пород путем осаднения в водной среде. Особое значение в этом отношении имеет сочинение извест-

ного датского естествоиспытателя Н. Стенона (1638—1687), опубликованное в 1669 г. во Флоренции и явившееся итогом его наблюдений в Тоскане (Западная Италия). В этом труде были впервые сформулированы обобщения о процессе образования осадочных слоев, в том числе один из основных принципов стратиграфии — закон последовательности напластования. Большое значение имеют и другие представления Н. Стенона, которым отдельные авторы также склонны придавать значение руководящих принципов стратиграфии. Таков принцип первичной горизонтальности слоев, согласно которому слои отлагаются почти горизонтально и являются параллельными поверхности, на которой они осаждаются. Наконец, еще одно обобщение Н. Стенона — это принцип первичной непрерывности слоев, отложившихся в водной среде и исчезающих только в результате выклинивания по периферии бассейна осадконакопления. Основываясь на установленных им закономерностях, Н. Стенон попытался расчленил разрез Тосканы и восстановить геологическую историю этой области. Он выделил в этом разрезе три комплекса слоев, отвечающих трем эпохам осадконакопления, разделенных фазами образования пещер и обвалов.

Н. Стенона некоторые авторы, в частности Г. П. Леонов [1973], считают основоположником стратиграфии и историко-геологического направления исследований.

Период первоначального накопления геологических знаний, подготовивших почву для возникновения геологии как науки, завершается к середине XVIII в.

### 1.2. СТАНОВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИИ, ВОЗНИКНОВЕНИЕ СТРАТИГРАФИИ И РАННИЙ ПЕРИОД ЕЕ РАЗВИТИЯ (вторая половина XVIII в.)

Становление геологии как науки связано прежде всего с именами Ж. Бюффона и М. В. Ломоносова, в работах которых утверждались идеи о развитии мира и длительности истории Земли и о тех многократных изменениях, которые испытала ее поверхность на протяжении своей истории. Геологические работы М. В. Ломоносова представляют особый интерес для стратиграфа. Не случайно главная из этих работ, вышедшая в 1763 г., носит название «О слоях земных». Мы находим в ней не только описания конкретных разрезов с приведением литологической и палеонтологической характеристики отдельных напластований, но и соображения о способах образования слоистых горных пород. М. В. Ломоносов объяснял их происхождение осаднением в водных бассейнах и обосновывал это нахождением ископаемых раковин «черепокожных», т. е. моллюсков, литологическим составом и наблюдением над современными образованиями. Он выдвинул идею о геологическом времени, длительность которого неизмеримо превышает историю человечества.

Для объяснения нахождения ископаемых остатков слонов (мамонтов) и тропических растений («трав индейских») в Сибири М. В. Ломоносов прибегает к допущению существования здесь в древние времена жаркого климата.

В своих суждениях и выводах он широко использует актуалистический подход к явлениям геологического прошлого. При этом актуализм у него не переходит в униформизм, принимающий неизменным ход наблюдаемых в настоящее время процессов. Главная заслуга М. В. Ломоносова как геолога заключается именно в том, что он одним из первых обратился в своих исследованиях к принципам, используемым в современной геологии.

Одной из первых попыток создания возрастной классификации горных пород явилась схема, предложенная в 1760 г. Дж. Ардуни на основе исследований в Северной Италии (Северные Апеннины и Южные Альпы). Для этой области Дж. Ардуни выделил следующие три последовательно образовавшихся комплекса отложений:

1) первичные — кристаллические породы без ископаемых, с рудами металлов;

2) вторичные — плотные слоистые породы, содержащие окаменелости, но безрудные;

3) третичные — слабо консолидированные слоистые породы, обычно содержащие многочисленные остатки животных и растений. В особое подразделение выделялись вулканические породы.

Это трехчленное деление явилось прообразом позднейшего деления на палеозойские, мезозойские и кайнозойские отложения. Одно из названий, предложенных Дж. Ардуино (третичные отложения), сохранилось в стратиграфической классификации до наших дней.

Однако местом подлинного формирования стратиграфических идей и их практического применения для геологического картирования явилась область герцинских массивов Центральной Германии. Здесь во второй половине XVIII в. рядом исследователей велась разработка региональной стратиграфической схемы, на базе которой возникла первая попытка создания универсальной стратиграфической шкалы.

В 1756 г. появилась работа немецкого ученого, впоследствии переселившегося в Россию и ставшего членом Петербургской академии наук, И. Г. Лемана. Это сочинение, озаглавленное «Опыт восстановления истории флэцевых гор», было едва ли не первой попыткой приложения принципа последовательности напластования и литологических особенностей отложений к стратиграфическому расчленению конкретных разрезов. И. Г. Леман разделял горные породы на две основные группы: жильные, существующие «от сотворения мира», и флэцевые, или слоистые, образовавшиеся в водной среде в результате всемирного потопа. Кроме того, И. Г. Леман выделял рыхлые породы, образовавшиеся после потопа в результате местных явлений (землетрясений, вулканических извержений и наводнений).

В составлении им сводного разреза юго-восточной окраины гор Гарца И. Г. Леман подразделил всю серию флэцевых пород на 30 различных слоев, соответствующих по современным данным отложениям верхнего палеозоя (от верхнего карбона до чехштейна) и четвертичной толще. Коль скоро все флэцевые отложения трактовались И. Г. Леманом как осадки одной эпохи всемирного потопа, в произведении им стратиграфическом расчленении осадочной толщи еще недостаточно отражена разновременность отдельных напластований. Гораздо более четко и последовательно идея о соответствии отдельных осадочных напластований определенным временным интервалам развита в работе соотечественника и современника И. Г. Лемана — Г. Х. Фюкселя «История Земли и Моря, установленная по истории Тюрингских гор», опубликованной в 1762 г. Г. Х. Фюксель впервые использовал систему подчиненных стратиграфических единиц различного ранга (серии и статумены) и соответствующих им хронологических единиц (секулы и луструмы). Он расчленил разрез флэцевых отложений Тюрингии на 9 серий, 6 из которых подразделил на подчиненные им статумены. Описав эти стратиграфические подразделения, Г. Х. Фюксель установил соответствующие хронологические единицы. При этом секулы и луструмы обозначались тем же названием, что и соответствующие им серии и статумены.

Важно отметить, что «серия» рассматривалась Г. Х. Фюкселем как комплекс статуменов или слоев, возникших в одинаковых условиях. Он отметил также, что отдельные серии различаются не только по литологическим особенностям, но и по содержащимся в них органическим остаткам. Подметив, что одни серии заключают лишь остатки наземных растений, а другие морских животных, Г. Х. Фюксель сделал вывод о различных условиях образования соответствующих отложений и о чередовании этих условий в истории Земли. При этом в основу своих заключений он положил актуалистический подход. Разрез Тюрингии, составленный Г. Х. Фюкселем, дополняет схему И. Г. Лемана отложениями триаса. На основе разработанной им стратиграфической схемы Г. Х. Фюксель составил геологическую карту, приложенную к его сочинению. Он, по-видимому, впервые ввел в геологию термин «формация».

Все это позволяет рассматривать Г. Х. Фюкселя как пионера в области разработки хроностратиграфической шкалы.

Работа Г. Х. Фюкселя, однако, оставалась мало известной его современникам и получила широкое признание лишь после опубликования ее основных положений Ф. Кеферштейном в 1840 г.

Следующим шагом в развитии стратиграфии явилась шкала последовательности напластований земной коры А. Г. Вернера, разработанная им в конце XVIII в. на основе обобщения опыта И. Г. Лемана, Г. Х. Фюкселя и других немецких геологов, а также собственных исследований в Тюрингии и Саксонии. В основу этой шкалы были положены концепция непутинизма, условия залегания отдельных толщ и их соотношения. А. Г. Вернер разделил толщ горных пород на четыре основные группы: первозданных, переходных, флэцевых и намывных пород. В каждой из этих основных групп выделялись по петрографическим особенностям более дробные конкретные стратиграфические единицы, «горные породы».

Таким образом, схема А. Г. Вернера представляла собой, по существу, региональную стратиграфическую схему ограниченной территории, для которой она отражала реальные соотношения геологических образований.

А. Г. Вернер, однако, приписывал установленной им последовательности залегания толщ горных пород универсальное значение, считая эту последовательность обусловленной общим изменением состава вод Мирового океана, в котором они отлагались. Такое возведение частных (региональных) закономерностей в ранг всеобщего закона было принципиальной ошибкой, обусловившей несостоятельность схемы А. Г. Вернера в качестве универсальной стратиграфической шкалы. Невозможность использования этой схемы как всеобщего стандарта выявилась уже при первых попытках ее использования за пределами Германии.

Таким образом, к концу XVIII в. был накоплен известный опыт стратиграфического расчленения конкретных разрезов и их виутрирегиональной параллелизации на основе принципа последовательности напластования и литологических признаков. Однако еще отсутствовал надежный метод отлаженной стратиграфической корреляции, необходимый для создания общей, или универсальной, стратиграфической шкалы.

### 1.3. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ БИОСТРАТИГРАФИИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XIX в. (додарвинский этап)

В предшествующем изложении было показано, что зародившаяся во второй половине XVIII в. геологическая дисциплина стратиграфия в период своего возникновения и становления развивалась на основе литолого-петрографического метода. Последний оказался, однако, недостаточным для удовлетворительного решения задачи корреляции разрезов удаленных друг от друга областей. Эта задача была решена на базе палеонтологического метода, зародившегося на рубеже XVIII и XIX вв. Примечательно, что возникновение биостратиграфии, или использование палеонтологического метода в стратиграфии, предшествовало возникновению самой палеонтологии.

Первый, додарвинский, этап развития биостратиграфии, характеризовавшийся господством в геологии идей катастрофизма, а в биологии концепций креационизма и постоянства видов, неразрывно связан прежде всего с именами двух зачинателей использования палеонтологического метода для расчленения и параллелизации осадочных толщ — В. Смита и Ж. Кювье. Однако было бы несправедливо пройти мимо того факта, что эти пионеры биостратиграфии имели предшественника в лице Жиро Сулави. Аббат Жиро Сулави — современник Бюффона и Ламарка — написал доклад «Естественная история Южной Франции», который был прочитан им в 1779 г. на заседании Королевской академии наук и опубликован в 1780 г. В главе VIII своего труда он говорит о наложении друг на друга различных слоев известняка, последовательно образовавшихся под океаническими водами и содержащих ископае-

мые фауны. Времени существования различных ископаемых форм соответствуют содержащие их слои. Жиро Сулави выделил на этом основании несколько эпох с различными комплексами ископаемых, которые он характеризует следующим образом. Первая эпоха — царство моллюсков («раковины»), аналоги которых в современной фауне отсутствуют. Вторая эпоха — царство тех же моллюсков и некоторых других, в том числе форм, подобных ныне живущим. Третья эпоха — царство моллюсков, представленных исключительно формами, ныне живущими в наших морях. Четвертая эпоха — царство рыб и растений, известных в наши дни. Пятая эпоха — окаменелые деревья, галечники, кости ископаемых животных и пр.

Среди ископаемых форм, не имеющих современных аналогов, он упоминает аммонитов и белемнитов, присутствующих в «первичном» известняке. Слои, содержащие ископаемых «второй эпохи», залегают стратиграфически над «первичными мраморами» «первой эпохи». Жиро Сулави отмечает, что «вторая эпоха» была временем старения и вымирания аммонитов и других элементов комплекса «первой эпохи». Таким образом, «вторая эпоха», по его словам, явилась концом господства аммонитов, белемнитов, теребратул, грифей и др. Новые семейства возникли на их обломках и заселили их владения. В отложениях «третьей эпохи» — времени господства моллюсков, потомки которых живут и сейчас в морях, не встречаются аммониты, белемниты, грифеи и другие ископаемые «первой эпохи».

Сказанное приводит Жиро Сулави к выводу о том, что хронологическая последовательность этих эпох господства различных комплексов морских животных согласуется с последовательностью залегания и относительным возрастом соответствующих слоев.

Таким образом, Жиро Сулави был первым исследователем, установившим последовательную смену комплексов ископаемых в разрезе осадочных напластований, или принцип «палеонтологической сукцессии». Однако впервые на практике показал те возможности, которые заключает использование для стратиграфии ископаемых остатков организмов, знаменитый английский исследователь Вильям Смит (1769—1839). Его деятельность инженера-изыскателя по прокладке дорог и каналов и разработке месторождений каменного угля на протяжении последнего десятилетия XVIII в. дала ему возможность детального ознакомления с разрезами осадочных напластований Британских островов. Наблюдения В. Смита привели его к выводам о том, что отдельные члены разреза, последовательно налегающие друг на друга, содержат характерные для каждого из них комплексы ископаемых остатков организмов, посредством которых они могут распознаваться.

Свои выводы В. Смит изложил первоначально в 1799 г. в виде таблицы последовательности напластований и заключенных в них остатков организмов в окрестностях Бата, продиктованной им своим коллегам и изготовленной первоначально всего в трех экземплярах. Изготовленные в дальнейшем многочисленные копии этой таблицы позволили ознакомиться с ней ряду геологов не только в Англии, но и в других странах Западной Европы. Опубликована в печати эта таблица в запово переработанном виде была только в 1815 г. В том же 1815 г. была опубликована составленная В. Смитом на основе разработанной им стратиграфической схемы геологическая карта Англии и Уэльса с частью Шотландии, явившаяся первой в мире настоящей геологической картой обширной территории. В дальнейшем В. Смит опубликовал еще серию геологических карт и разрезов Англии, наглядно продемонстрировавших значение его открытия. Его основные выводы, относящиеся к методу распознавания слоев по заключенным в них ископаемым остаткам организмов, с наибольшей полнотой изложены в работах, опубликованных в 1816 и 1817 гг. Одна из них [Smith, 1816], озаглавленная «Слои, устанавливаемые по ископаемым органическим остаткам», является первым выпуском задуманной им серии таблиц изображений руководящих ископаемых. Вторая работа «Стратиграфическая система ископаемых органических остатков» [Smith, 1817] представляет собой аннотированный каталог коллекции окаменелостей, переданных В. Смитом Британскому музею, с указанием местонахождения и стратиграфической принадлежности отдельных форм.

С именем В. Смита связывается прежде всего принцип биостратиграфического расчленения и корреляции осадочных толщ. Несомненно также, что исследования В. Смита создали более прочную фактическую базу для принципа палеонтологической сукцессии, вытекающего из идей Жиро Сулави. Некоторые исследователи, например Е. Ниверсон [Neaverson, 1955] и другие, считают В. Смита также автором, установившим закон последовательности напластования. В. Смит принадлежит также заслуга выделения специальной отрасли геологии, занимающейся изучением и описанием слоев земной коры. Он, по-видимому, впервые вводит в обиход для обозначения этого направления геологических исследований термин «стратиграфическое», применив его в заглавии своего сочинения «Стратиграфическая система ископаемых организмов».

Одновременно с В. Смитом, по другую сторону Ла-Манша, два французских исследователя Ж. Кювье и А. Броньяр успешно применили палеонтологический метод для расчленения и параллелизации осадочных отложений окрестностей Парижа. Таким образом, знаменитый основоположник палеонтологии Ж. Кювье выступил на научной арене как биостратиграф раньше, чем как палеонтолог. Составленное им совместно с геологом А. Броньяром геолого-минералогическое описание окрестностей Парижа было впервые опубликовано в 1808 г., на 4 года раньше выхода в свет его основного палеонтологического труда «Исследования ископаемых костей четвероногих», вышедшего в 1812 г. В состав этого труда в качестве его составной части вошел и расширенный вариант «Геолого-минералогического описания окрестностей Парижа». В отношении использования палеонтологических данных для стратиграфии Ж. Кювье и А. Броньяр идут значительно дальше В. Смита. Последний пришел к своим выводам чисто эмпирически, путем сравнительного изучения комплексов ископаемых различных напластований, не пытаясь объяснить причины, обусловившие различия в их палеонтологической характеристике. Ж. Кювье на основе биологического подхода к ископаемым попытался дать объяснение установленной эмпирически «палеонтологической сукцессии» — последовательной смены комплексов ископаемых в напластованиях различного геологического возраста.

Биологический подход к изучению палеонтологического материала позволил Ж. Кювье использовать последний не только для установления возрастных соотношений отдельных напластований, но и для их фашиальной и палеогеографической характеристики.

Таким образом, благодаря трудам В. Смита, Ж. Кювье и А. Броньяра молодая отрасль геологии — стратиграфия — обогатилась новым — палеонтологическим — методом. Быстрый рост стратиграфических исследований в первой половине XIX в. привел к разработке на протяжении трех десятилетий первых вариантов общей, или международной, стратиграфической шкалы. Последняя создавалась на основе региональных стратиграфических схем, да и сама первоначально представляла, по существу, в значительной мере стратиграфическую схему Западной Европы.

Важной вехой в развитии стратиграфии следует считать появление в 1822 г. «Геологического очерка Англии и Уэльса», принадлежащего перу двух английских геологов В. Коппера и В. Филлипса. Несмотря на то, что предложенная этими авторами схема стратиграфической классификации была построена на региональном геологическом материале Британских островов, она может рассматриваться как первоначальный вариант большей части современной общей (международной) хроностратиграфической шкалы, хотя большинство основных ее подразделений, соответствующих современным системам, кроме карбона и мела, не получили принятых сейчас наименований. К. Циттель в своей истории геологии и палеонтологии [Zittel, 1899] рассматривает выход в свет этого сочинения в качестве начала становления стратиграфии как особой отрасли геологии.

На протяжении последующих двух десятилетий были установлены почти все основные подразделения общей шкалы, первоначально обозначавшиеся как формации, а позднее называемые Р. Мурчисоном системами (табл. I.1). Уже через 9 лет после появления труда В. Коппера и В. Филлипса в 1831 г.

Год	Система	Страна, в которой установлена	Автор
1760	Третичная	Италия	П. Ардуини
1795	Юрская *	Швейцария	А. фон Гумбольдт
1822	Меловая	Франция	О. д'Аллау
	Каменноугольная	Англия	В. Коинбир и В. Филлипс
1829	Четвертичная	Франция	Ж. Денуайе
1834	Триасовая	Германия	Ф. фон Альберти
1835	Кембрийская	Англия	А. Седжвик
	Силурийская	Англия	Р. Мурчисон
1840	Девонская	Англия	Р. Мурчисон и А. Седжвик
1841	Пермская	Россия	Р. Мурчисон
1879	Ордовикская **	Англия	Ч. Лапворт

\* Выделена А. фон Гумбольдтом в качестве формации в понимании Вернера. Как геологическая система определена в 1839 г. Л. фон Бухом.

\*\* В ордовикскую систему были включены пограничные слои кембрия и силура, являвшиеся предметом разногласий между А. Седжвиком и Р. Мурчисоном.

выходит в свет обобщающая работа «Элементы геологии» бельгийского геолога ученика Ж. Кювье и А. Броуэра Омалиуса д'Аллау, в которой дается схема стратиграфической классификации, отражающая уровень стратиграфической изученности того времени для всей Западной Европы. В схеме Омалиуса д'Аллау впервые рассматриваются в близком к современному объему аналоги пермской системы и всех систем мезозоя, хотя некоторые из них фигурируют под иными по сравнению с ныне принятыми названиями.

В следующем десятилетии Р. Мурчисоном и А. Седжвиком были выделены кембрийская, силурийская и девонская системы. Становление и оформление общей, или международной, хроностратиграфической шкалы, завершилось в 1841 г. с опубликованием Дж. Филлипсом (племянником В. Смита) работы, в которой впервые было произведено выделение палеозойских, мезозойских и кайнозойских «слоев», отвечающих одноименным группам, или эра-темам по современной терминологии. В том же 1841 г. Р. Мурчисон предложил название пермская система для отложений, обозначавшихся Омалиусом д'Аллау как пенеенские. Таким образом, период между опубликованием сочинения В. Коинбира и В. Филлипса (1822 г.) и выходом в свет труда Дж. Филлипса (1841 г.) действительно явился великим стратиграфическим двадцатилетием, как назвал его Б. С. Соколов [1971, с. 155]. Это позволяет признать, что «героическая эпоха» развития геологии находит свое отражение и в бурном расцвете стратиграфии\*.

\* Следует отметить, что в понимании отдельных авторов продолжительность и сроки «героической эпохи», или периода, в развитии геологии оказываются существенно различными. Так, К. Циттель в 1899 г. «героической эпохой» развития геологии в целом назвал тридцатилетие 1790—1820 гг. Авторы «Истории геологии» [1973] принимают, что в развитии стратиграфии «героическая эпоха» запаздывает примерно на десятилетие, и относят к ней первое тридцатилетие XIX в. В книге В. В. Тихомирова и В. Е. Ханиа [1956] как «героический период в истории геологии» рассматривается столетний отрезок между серединами XVIII и XIX вв. Наконец, Ю. В. Тесленко [1976], считающий автором выделения «героической эпохи» в истории геологии Н. М. Страхова, относит к ней первую половину XIX в. Однако сам Н. М. Страхов [1948] «героической эпохой» в истории геологии вообще и исторической геологии в частности называет тридцатые годы XIX в.

Установление основных подразделений стратиграфической шкалы — формаций, а в дальнейшем систем — производилось первоначально на основе литолого-формационного подхода и выяснения стратиграфических соотношений между отдельными членами разреза прямыми методами геологического картирования. Роль палеонтологического метода на этом этапе становления общей стратиграфической шкалы была еще невелика, что приводило иногда к существенным ошибкам. Эти ошибки были вскрыты и установлены позднее, когда накопление палеонтологических данных обеспечило возможность надежной параллелизации отдельных разрезов и палеонтологический метод стал главным в арсенале стратиграфических исследований.

Как уже отмечалось выше, начальный период развития палеонтологического метода в стратиграфии совпал со временем господства идей креационизма, постоянства видов и катастрофизма, что в значительной мере ограничивало использование потенциальных возможностей, заложенных в основе этого метода.

Из большой плеяды палеонтологов додарвинского периода, разрабатывавших вопросы биостратиграфии, особого внимания заслуживают А. д'Орбиньи и А. Оппель. А. д'Орбиньи вошел в историю науки прежде всего как яркий последователь Ж. Кювье в развитии идей катастрофизма и креационизма, значительно превзошедший его в отношении крайней гипертрофии этой концепции. Однако не следует забывать, что допущение 27 катастроф и соответствующего числа новых творческих актов, принимавшихся А. д'Орбиньи, потребовалось ему для того, чтобы обосновать выделение 27 ярусов, сгруппированных в несколько систем («terrains»). Установление этих ярусов, выделенных на палеонтологической основе, отражает успехи, достигнутые к середине XIX в. в области биостратиграфии. В этих успехах немалая роль принадлежит и самому А. д'Орбиньи — неутомимому палеонтологу и стратиграфу, сделавшему особенно много в разработке стратиграфии юры и мела. Недаром такой выдающийся знаток юрской системы, как В. Аркелл, считал первый, посвященный аммонитам, том монографии А. д'Орбиньи «Палеонтология Франции» [1843] по своему значению для юрской стратиграфии сопоставимым с 10-м изданием Линнеевской «Системы природы». В этом труде не только разработана стратиграфическая шкала юрской системы, но и впервые введены в науку понятия яруса и зоны [Arkell, 1946].

Представления А. д'Орбиньи по этим вопросам заслуживают хотя бы краткого рассмотрения. При этом следует сразу же отметить, что его представления о ярусе, зоне и соотношении между ними существенно отличаются от современных воззрений на этот счет. Под ярусом (étage) он понимал прежде всего определенный этап состояния природы в прошлом — совокупность суши и моря со всем их животным и растительным миром.

Собственное развернутое определение понятия ярус, которое дает А. д'Орбиньи во 2-м томе его элементарного курса палеонтологии и стратиграфической геологии, выражено в такой форме: «Ярус для нас представляет эпоху во всех отношениях тождественную с современной. Это состояние покоя древней природы, состояние покоя, в течение которого были, как и сегодня, континенты и моря, наземные растения и животные, морские растения и животные, а в морях пелагические и прибрежные на всех глубинах. Для того чтобы ярус был полным, он должен содержать комплекс наземных и морских существ, способный охарактеризовать целую эпоху в ее развитии, подобно тому, как мы видим на Земле сегодня. Если мы знаем лишь немногие части того комплекса, который должен был существовать в то время, то это потому, что другие его части были уничтожены во время геологических переворотов, или потому, что они еще не стали нам известны. Соответственно, мы никогда не сможем принять за «ярус» те слои, даже ограниченные несогласием, и безотносительно к их мощности, если они не содержат характерной для них фауны... поскольку очевидно, что если... каждый ярус есть эпоха, подобная современной, то он должен обладать соответствующей фауной» [Orbigny, 1851, с. 246—257].

Из этого определения видно, как мало внимания уделял А. д'Орбиньи стратиграфическому значению и литологическому содержанию яруса. Он рас-

считывает ярус только как временное «состояние природы». В философии А. д'Орбigny причудливо сочетаются концепции катастрофизма и актуализма. Как показал К. Монти [Monty, 1968], А. д'Орбigny хочет переместить в прошлое панораму, которую он видит на поверхности Земли сегодня. Ярус для него зарисовка покоящейся природы. Это, по образному обозначению К. Монти, «палео-сегодня» («paleo-today»), иными словами «ископаемые сегодня». Однако на практике А. д'Орбigny, отходя от этой первоначальной общей концепции яруса, употребляет этот термин для обозначения следующих конкретных понятий: 1) хронологическое подразделение земной истории; 2) совокупность слоев горных пород; 3) биостратиграфическое подразделение. Хотя отдельные ярусы выделялись и разграничивались А. д'Орбigny с учетом физических критериев (иссогласия и пр.), главным основанием для их выделения и распознавания служило стратиграфическое распределение ископаемых. В качестве этих палеонтологических критериев использовались как положительные данные (присутствие определенных форм), так и отрицательные (отсутствие характерных форм). Главными из палеонтологических критериев при выделении ярусов он считал первое появление некоторых форм, господство или обилие других форм и соответствие яруса определенным палеонтологическим зонам.

Комплекс фауны каждой эпохи, соответствующей ярусу, для А. д'Орбigny являлся результатом сотворения нового набора организмов, свойственных данному ярусу. Окончание эпохи, соответствующей ярусу, ознаменовывалось геологической революцией и катастрофическим вымиранием.

В соответствии с исповедуемыми им концепциями катастрофизма и креационизма, положенными в основу разработанной им стратиграфической шкалы юры и мела, А. д'Орбigny неохотно допускал существование ископаемых форм, стратиграфическое распространение которых выходило бы за пределы границ отдельных ярусов. По подсчетам К. Юнга, общее число видов беспозвоночных, описанных А. д'Орбigny в его пятитомном труде «Палеонтология Франции» (1840—1860), составляет 1339. Лишь 17 из них указываются более чем для одного яруса и, таким образом, в своем стратиграфическом распространении пересекают ярусные границы [Joung, 1960].

Несомненно, что такая строгая приуроченность отдельных видов к определенным ярусам была вызвана отчасти и переоценкой А. д'Орбigny стратиграфического критерия при выделении видов. Можно предполагать, как это делает К. Юнг, что если А. д'Орбigny встречался с двумя сходными друг с другом группами ископаемых форм, одна из которых была обнаружена ниже, а другая выше границы смежных ярусов, то исходя из своих теоретических воззрений он должен был рассматривать их как представителей двух различных видов.

Что касается зон в понимании А. д'Орбigny, то они представляют собой хронологические подразделения, характеризующиеся определенным видом, выбранным из числа всех встречающихся в данном ярусе на основании его широкого географического и экологического распространения в сочетании со стратиграфической приуроченностью к определенному ярусу или части яруса. Таким образом, зона у А. д'Орбigny в ряде случаев отвечала фаунистическому содержанию целого яруса и фактически совпадала с ним по объему, являясь его синонимом. Так, например, «синемюрский ярус» лейаса у него представляет то же, что и «зона *Belemnites acutus* и *Ammonites bisulcatus*».

Развитие понятия зона и обогащение его конкретным содержанием, обеспечившие его широкое распространение и общее признание, составляет заслугу еще одного видного представителя додарвиновского периода развития стратиграфии — Альберта Опделя. Зона была определена А. Опделем как горизонт, характеризующийся в любом месте некоторым числом видов, которые постоянны для него и могут быть найдены даже в наиболее удаленных областях с той же определенностью [Orpel, 1856—1858, с. 3]. В другом месте своей работы он определяет зону как группу слоев, которые могут быть определены палеонтологически [там же, с. 822].

Таким образом, зоны А. Опделя, в его понимании, представляют собой наиболее дробные стратиграфические подразделения, которые могут быть

выделены и прослежены в пределах значительной территории на основе палеонтологического метода. Хотя А. Опдель в своей стратиграфической схеме юрской системы сохранил деление ее на ярусы, предложенные А. д'Орбigny, его зоны, однако, не являлись подразделениями этих ярусов, которым он придавал лишь условное значение. Он рассматривал зону не как производное яруса, но, напротив, ярус для него определялся как группа зон. Именно зона являлась для него исходной и независимой стратиграфической единицей.

Разработка метода зональной стратиграфии, получившего в дальнейшем широкое распространение и признание, явилась главной заслугой А. Опделя. Результаты исследований А. д'Орбigny и А. Опделя, основанные на палеонтологических данных, наглядно показали возможности этого метода в стратиграфии.

Подводя итоги первого, додарвиновского, этапа развития стратиграфии, следует отметить главные его результаты.

1. К концу рассмотренного этапа были заложены основы современной общей хроностратиграфической шкалы и установлены все системы фанерозоя.

2. Очевидные преимущества биостратиграфического метода уже на этом этапе развития выдвинули его на первое место среди известных в то время методов стратиграфии.

#### 1.4. РАЗВИТИЕ СТРАТИГРАФИИ В ПЕРИОД ПОБЕДЫ ЭВОЛЮЦИОНИЗМА (вторая половина XIX в.)

Следующий этап развития стратиграфии, охватывающий хронологически вторую половину XIX в., может быть обозначен как дарвиновский этап или период торжества эволюционной идеи как в биологии, так и в науках о Земле. Нет необходимости подробно останавливаться на значении появления в 1859 г. основного труда Ч. Дарвина «Происхождение видов» для превращения палеонтологии из формально-описательной науки об окаменелостях, какой она была к середине XIX в., развиваясь под эгидой эпигонов Ж. Кювье, в подлинную науку о развитии органического мира прошлых геологических эпох — палеобиологию. Следует, однако, еще раз подчеркнуть заслугу Ч. Дарвина не только как создателя эволюционного учения, но и как ученого, сумевшего с исключительной прозорливостью оценить значение эволюционизма для палеонтологии и геологии.

Дарвинизм вооружил палеонтолога методами установления филогенеза отдельных групп организмов, что явилось основой научной систематики и неизмеримо расширило возможности использования палеонтологического метода в стратиграфии. Огромное значение для стратиграфии имеют учение Ч. Дарвина о неполноте геологической и палеонтологической летописи, а также его трактовка проблемы вымирания организмов. Дарвиновский подход к этой проблеме позволяет правильно осветить вопросы развития и смены фауны и флоры в истории Земли и тем самым понять природу и характер стратиграфических границ, устанавливаемых на основе палеонтологического метода. Первостепенную роль в этом отношении сыграло и учение Ч. Дарвина о едином центре возникновения видов и последующем их расселении. Дарвинизм оказал большое влияние и на геолого-географические науки. Проникновение эволюционизма в эту область естествознания ускорило становление исторической геологии и палеогеографии и окончательно утвердило геологию как историческую науку. Дарвинизм явился мощным импульсом для развития биостратиграфии.

Несмотря на свои достижения в первой половине XIX в., палеонтологический метод в стратиграфии, развивавшийся на основе идей креационизма и катастрофизма, не мог раскрыть все таившиеся в нем возможности до тех пор, пока не приобрел новой основы в виде эволюционной теории. Показательно в этом отношении дискуссию, возникшую между Г. Бронном и Л. Агассисом. Г. Бронн впервые обратил внимание на необходимость разграничения «отличительных» или, по современной терминологии, руководящих видов, рас-

пространенных лишь в пределах определенной формации, от видов ископаемых, переходящих из одной формации в другую. Л. Агассис, сохранивший верность идеям катастрофизма даже в эпоху торжества эволюционизма, не допускал возможности существования видов, пересекающих границу смежных формаций.

С победой дарвинского учения возникают первые попытки воссоздания филогенетических рядов беспозвоночных, явившихся основой для дробного расчленения осадочных толщ. Эти попытки связаны с именами ряда палеонтологов-дарвинистов второй половины XIX в. В Западной Европе к их числу принадлежали Ф. Гильгендорф, изучивший ряды форм планорбисов из миоценовых озерных отложений Южной Германии, М. Неймайр, описавший ряды палюдин из солончатых отложений неогена Славонии (Югославия). В. Вааген впервые установил генетические ряды среди представителей морской фауны — юрских аммонитов — и обосновал понятие мутаций как разновидности во времени.

Огромная заслуга в деле перестройки палеонтологии на основе эволюционного учения Ч. Дарвина принадлежит В. О. Ковалевскому. Последний является не только основоположником новой, эволюционной, палеонтологии, но и ученым, разрабатывавшим интереснейшие проблемы стратиграфии. В одной из его работ рассматривается вопрос о принципах подразделения третичной системы на основе эволюционной истории млекопитающих. Специальная работа В. О. Ковалевского посвящена границе юры и мела. В ней в противовес старой геологической шкале, желавшей, по определению В. О. Ковалевского, «найти повсюду те же слои и в том же палеонтологическом развитии», им со всей остротой поставлен вопрос о необходимости учета фаций в стратиграфии. В другой геологической работе В. О. Ковалевского рассматриваются вопросы стратиграфии пресноводных и солончатых меловых отложений.

На протяжении последней четверти XIX в. и начала нынешнего в нашей стране дело В. О. Ковалевского продолжала пледя русская биостратиграфия-дарвинистов. На первом месте среди них стоит А. П. Карпинский, успешно применивший биогенетический метод для выяснения филогении поздне-палеозойских аммоноидей. Его высказывания, обосновывающие необходимость выделения в самостоятельные стратиграфические единицы отложений, переходных между двумя системами («правило Карпинского», по Л. Л. Халфину), и поныне сохраняют свою методическую ценность. С именами С. Н. Никитина и Ф. Н. Чернышева связаны не только достижения в познании стратиграфии верхнего палеозоя и мезозоя, но и разработка принципиальных и методических вопросов стратиграфии. Опубликованная ими в 1889 г. совместная работа, посвященная итогам III и IV сессий Международного геологического конгресса, впервые выдвигает основные положения стратиграфической классификации, сохраняющие актуальность и поныне. Постановка уже на первых сессиях Международного геологического конгресса проблем, связанных с разработкой стратиграфической шкалы, сама по себе свидетельствует о том, что вопросы стратиграфии в этот период привлекали к себе внимание геологов всего мира.

Вторая половина XIX в. в развитии стратиграфии ознаменовалась успехами не только в области применения палеонтологического метода. Исследования Е. Реневи (Renévier, 1884), развившего первоначальные идеи А. Грессли, положили начало учению о фациях. Е. Реневи четко сформулировал положение о том, что важнейшим элементом концепции фациальности является однообразие различных фаций. Учение о фациях, имеющее перво-степенное значение для стратиграфии, стало быстро развиваться во всем мире. Е. Реневи явился также автором первого варианта проекта международной хроностратиграфической шкалы, представленной в 1900 г. на рассмотрении V сессии (Парижской) Международного геологического конгресса.

Не менее важным вкладом в стратиграфию явилась разработка закономерностей процесса слоеобразования, в частности положения о неодновременности петрографически однородных слоев и их комплексов, выдвинутое

в 1868 г. Н. А. Головкинским и получившее развитие в трудах А. А. Ионостранцева и И. Вальтера.

Выдвинутое Н. А. Головкинским и А. А. Ионостранцевым представление о закономерной связи фациальной изменчивости с колебательными движениями земной коры нашло свое подтверждение в исследованиях А. Рюто [Rutot, 1883], создавшего концепцию осадочных циклов и обосновавшего возможность использовать цикличность осадкообразования для стратиграфического расчленения осадочных толщ.

Существенную роль в развитии стратиграфии в нашей стране в конце XIX в. сыграло создание государственной геологической службы в виде организованного в 1882 г. по инициативе Г. П. Гельмерсена, А. П. Карпинского и Ф. Н. Чернышева Геологического комитета. Перед этим учреждением была поставлена задача систематического изучения геологического строения России и составления общей геологической карты страны. Несмотря на ограниченный штат, Геологический комитет сразу же после его организации приступил к составлению 10-верстной геологической карты важнейших горнопромышленных областей. Это, естественно, позволило Геологическому комитету собрать богатейший геологический материал по различным регионам и в результате его обработки еще до конца XIX в. опубликовать ряд крупных работ, освещающих стратиграфию изученных территорий. Одновременно усилился интерес к разработке стратиграфической классификации и другим вопросам общей стратиграфии.

Другим важным событием организационного порядка, стимулировавшим развитие стратиграфии не только в России, но и в других странах мира, явилась организация Международного геологического конгресса. К началу последней четверти XIX в. в ряде передовых стран была осознана необходимость для дальнейшего развития геологии международного обмена результатами геологических исследований и проведение для этого регулярных научных совещаний геологов интернационального характера.

В 1878 г. в Париже собралась I сессия Международного геологического конгресса. Хотя на этой сессии от России не было официальной делегации, но в ее работе принимало участие 7 русских членов конгресса, в том числе видный палеонтолог и стратиграф В. Н. Мёллер. Уже на I сессии обсуждались вопросы стратиграфии. В частности, В. Н. Мёллер предложил на ней разработанную им на русском материале стратиграфическую схему каменноугольных отложений.

Всего с 1878 г. по 1900 г. состоялось 8 сессий Международного геологического конгресса. На всех этих сессиях вопросы стратиграфии, особенно стратиграфической классификации и терминологии, занимали ведущее место. На II сессии Международного геологического конгресса, проходившей в Болонье в 1881 г., были приняты основные подразделения международной, или общей, стратиграфической и геохронологической шкал. Эти решения совпали в основном с предложениями русской делегации.

Начиная со II сессии наряду с подразделениями международной шкалы стали обсуждаться вопросы классификации и терминологии местных стратиграфических подразделений. В разработке этих вопросов ведущую роль принадлежала также русским стратиграфам, особенно С. Н. Никитину, Ф. Н. Чернышеву. Деятельное участие в освещении вопросов стратиграфии мезозоя на ряде сессий принял А. П. Павлов. Итогом работы Международного геологического конгресса в области стратиграфии явились принятие на XVIII сессии в 1900 г. соподчиненных стратиграфических и геохронологических подразделений общей шкалы и рекомендации об использовании для обозначения местных подразделений термина «плита» (assise) или «слой».

Подводя итоги краткого обзора развития стратиграфии на протяжении второй половины XIX в., следует признать важнейшей чертой этого периода тенденцию к преодолению региональной ограниченности стратиграфических схем и стремление к созданию международной стратиграфической шкалы. Решению этой задачи были посвящены все первые 8 сессий Международного геологического конгресса. Однако в связи с тем что стратиграфические исследования все еще ограничивались в основном территорией Европы, разра-

атиграфии — геологической дисциплины, тесней-  
шем развитии и с биологическими науками.

различных геологических дисциплин, особенно ли-  
тики, геохимии, а также разработка точных ме-  
ти геофизических методов исследования земной  
ие на стратиграфию. Это влияние сказалось в воз-  
их и усовершенствовании ранее существовавших  
расчленения и корреляции. Прежде всего претер-  
е старейший литолого-стратиграфический метод,  
ая роль при разработке местных и региональных  
очных методов изучения вещественного состава  
жность разработки метода микропетрографиче-

ения о фазах тектогенеза обусловили возникно-  
ких методов. Наиболее широкое распространение  
я в качестве границ стратиграфических подраз-  
огласий, фиксирующих проявление складкообра-  
движений. Этот метод в сочетании с литолого-  
ологическими методами имеет крупное значение для  
жений, отвечающих естественным этапам геоло-  
или осадочного бассейна.

й метод в комплексе с литолого-стратиграфиче-  
у при разработке американской системы регио-

ностратиграфический метод впервые нашел при-  
кой схеме Западной Сибири, разработанной  
играфическое направление получило дальнейшее  
ида его учеников и последователей. Получившие  
транение идеи Г. Штилле и его школы о плане-  
орогенических фаз обусловили попытки приме-  
ного метода для планетарной корреляции, не дав-  
надежных результатов.

графических примыкают и ритмостратиграфиче-  
корреляции, основанные на изучении цикличности  
обуславливает возникновение характерных толщ

Что касается развития биостратигра-  
периода, то для нее характерны сле-  
обострение борьбы в области теорети-  
ческой науки. Еще в предшествующих  
в палеонтологии возникают различные  
XIX и в начале XX в. антидарвинис-  
тельно усилились. Здесь и отрица-  
в эволюционном процессе, и попытки  
эволюции. Большое распространение  
генетических концепций, согласно ко-  
ранее предначертанному плану. Од-  
цепции является получившая широ-  
леонтологов идея филогеронтизма  
основанная на уподоблении их разви-  
низма. Возрождаются на новой осн-  
физм»).

В биостратиграфии автогенетиче-  
концепции «мировых зон». Эта к-  
[Buckman, 1893], Р. Ведекиндом [We-  
том и О. Шиндевольфом, в основе  
ности развития отдельных групп ор-  
возможность одновременного возник-  
ставителей данной группы независи-  
вий развития.

Возникновение и усиление в нач-  
логии и палеонтологии часто квалифи-  
как кризис эволюционной теории. Г-  
вает К. М. Завадский [1973], видет-  
тельные стороны, а тем более ото-  
Ленинское понимание кризиса в нау-  
старых понятий в связи с крупным  
к кризису эволюционной теории нача-  
зиса в науке не должны заслонять  
ский К. М., 1973, с. 267—269].

В частности, для современной б

ники, особенно современных оптических приборов, включая электронный сканирующий микроскоп, позволило использовать для биостратиграфического расчленения различные группы микроорганизмов, включая нанопланктон и микроскопические остатки самых разнообразных животных [простейшие, скеледонты, конодонты, склериты (скелетные элементы) голотурии и пр.] и растительных организмов.

Достигнуты значительные успехи в возможности получения массового палеонтологического материала путем дезинтеграции с последующим просеиванием и отмывкой большого количества горной породы или растворения в кислотах крупных блоков известняка.

Все это обеспечивает обнаружение палеонтологических объектов, особенно микрофоссилий, в отложениях, ранее считавшихся немymi в палеонтологическом отношении. Массовость получаемого материала обеспечивает возможность более точной диагностики, применения популяционного анализа и изучения формообразования. Таким образом, палеонтология на протяжении рассматриваемого этапа развития стратиграфии выросла и получила новые возможности для повышения надежности и точности применения для стратиграфического расчленения и параллелизации. Она значительно расширила и стратиграфический диапазон области своего применения по сравнению с предшествующим периодом, включая в сферу действия палеонтологического метода верхний протерозой (рифей).

Все это обусловило то обстоятельство, что несмотря на возникновение и развитие новых, непалеонтологических, методов стратиграфического расчленения и корреляции, палеонтологический, или биостратиграфический, не только не утратил своего значения ведущего метода, но даже укрепил свои позиции в этом отношении.

Как будет показано в дальнейшем, палеонтологический метод, возникший первоначально как «метод руководящих форм», превратился в целый комплекс палеобиологических методов, успешно решающих задачи самого различного масштаба, от разработки местных детальных стратиграфических схем до создания общей хроностратиграфической шкалы. Очень показательны в этом отношении выдающиеся работы В. Аркелла [Arkell, 1933, 1957] и О. Шиндевольфа [Schindewolf, 1970].

Еще одной характерной чертой современного этапа развития стратиграфии является расширение и усложнение стоящих перед ней задач в связи с возрастающими запросами геологической науки и практики геологоразведочных работ. Речь идет прежде всего о территориальном расширении стратиграфических исследований. В настоящее время геологическая съемка и поиски полезных ископаемых охватили поверхность всех континентов, а бурение параметрических скважин не только позволяет изучать разрезы всего осадочного чехла геологически закрытых территорий, включая глубочайшие впадины, на материках, но и вышло на просторы акваторий океанов. Все это ставит перед стратиграфией задачу совершенствования методов отдаленной — межконтинентальной и глобальной — корреляции. С другой стороны, запросы практики, в частности нефтяной геологии, диктуют необходимость разработки методов очень дробного («сверхдетального») стратиграфического расчленения разрезов осадочных толщ, что особенно важно при поисках и разведке залежей нефти и газа неструктурного типа. Впрочем, в очень детальных стратиграфических схемах, разработанных применительно к ограниченным территориям, заинтересованы подчас и другие области прикладной геологии.

Таким образом, в настоящее время, с одной стороны, происходит весьма быстрое накопление фактического материала по стратиграфии в значительной своей части принципиально нового, а с другой — предъявляются все большие требования к точности и надежности стратиграфических построений. Все это обуславливает повышенный интерес к вопросам теории и практики стратиграфических исследований во всем мире, в том числе в Советском Союзе. В нашей стране на протяжении трех последних десятилетий стратиграфии уделяется особенно большое внимание. С первых послевоенных лет развернулось бурение широкой сети опорных и параметрических скважин с большим выходом керна и тщательно проведенным его последующим изучением.

В результате этого был получен обширный новый материал по разрезам осадочного покрова территорий, глубинное геологическое строение которых оставалось неизученным.

В целях повышения эффективности стратиграфических исследований и обеспечения соответствующего их уровня в теоретическом и методическом отношении в 1955 г. был организован Межведомственный стратиграфический комитет (МСК) — высший межведомственный орган, призванный решать общие методические и спорные вопросы стратиграфии для территории СССР. В структуру МСК входит ряд региональных межведомственных стратиграфических комиссий (РМСК) и постоянных комиссий по стратиграфии отложений всех систем, распространенных на территории СССР. Под эгидой МСК проводятся региональные стратиграфические совещания, на которых вырабатываются стратиграфические схемы отдельных регионов страны. МСК осуществляет также разработку методических вопросов стратиграфии, в частности стратиграфической классификации, терминологии и номенклатуры. Этим вопросам посвящена выдержавшая три издания (1956, 1960, [1965]), составленная под руководством Л. С. Либровича книга, принятая в качестве обязательного положения для геологических организаций СССР, — «Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура». МСК возглавил подготовку «Стратиграфического кодекса СССР» [1977], два предварительных варианта которого были опубликованы в 1970 и 1974 гг.

На протяжении последней четверти века в СССР опубликовано большое число работ по региональной и общей стратиграфии, в том числе ряд обобщающих монографий и сводок.

Необходимо отметить также наметившуюся в период после второй мировой войны тенденцию к усилению международных связей в области стратиграфии, как, впрочем, и в других областях геологии. Наряду с обсуждением стратиграфических проблем на сессиях Международного геологического конгресса, создается постоянно действующий и в межсессионные периоды орган — Международная комиссия по стратиграфии с рядом подкомиссий по отдельным крупным подразделениям стратиграфической шкалы. В 1952 г. Международный геологический конгресс на XIX сессии (Алжирской) вернулся впервые со времени после VIII сессии (1900 г.) к рассмотрению общих вопросов стратиграфической классификации. На XIX сессии Международная комиссия по стратиграфии учредила специальную подкомиссию по стратиграфической классификации.

Наконец, в последние годы возникла еще одна международная организация для проведения стратиграфических исследований — Международная программа геологической корреляции, деятельность которой осуществляется при одновременном содействии Международного союза геологических наук и ЮНЕСКО. В рамках этой организации создано значительное число проектов и рабочих групп, призванных решать важнейшие проблемы стратиграфии. Во всех этих международных организациях активное участие принимают советские стратиграфы.

## 2

### ПРИНЦИПЫ СТРАТИГРАФИИ

Признание за стратиграфией статуса самостоятельной геологической дисциплины влечет за собой необходимость не только уточнения ее предмета, чему было посвящено «Введение» этой книги, но и установления ее принципов и вытекающих из них методов исследования. Под принципами стратиграфии, как и любой научной дисциплины, мы будем понимать наиболее общие основополагающие концепции, на которых базируются другие, более частные положения этой науки. При этом мы не будем строго следовать нередко принимаемой иерархической регламентации понятий «закон», «научный принцип», «постулат», «правило» и т. п. Опыт показывает, что для стратиграфии, да и для геологии в целом, эти категории далеко не всегда могут быть четко ограничены.

Интересную мысль о том, что законы в геологии, возможно, не равнозначны законам точных наук, высказал А. М. Садыков [1974]. Он указывает, что для физического и математического «инструмента» доступна картина природы, фиксированная лишь в момент наблюдения.

В точных науках выпадает фактор времени, а следовательно, историзм. Геология же «отражает реальный мир, действительность во всей сложности, многообразии то с закономерными, то со случайными отклонениями, которые ни предвидеть, ни предугадать невозможно» [Садыков А. М., 1974, с. 44]. Сам А. М. Садыков рассматривает закон «как обязательное или основополагающее правило», т. е., по сути дела, вкладывает в понятие закон то содержание, которое мы обозначаем как принцип.

Не так давно А. И. Равикович [1969] обратила внимание на одно поучительное обстоятельство в истории геологии XIX в. — тенденцию ряда ученых возводить те или иные принципы в законы. При этом нередко отдельные принципы, допускающие более широкое и гибкое истолкование наблюдаемых явлений, будучи возведены в ранг законов, превращались в прокрустово ложе для фактов, которые требовалось уложить в строгие рамки закона природы. Как справедливо указывает А. И. Равикович, подобные тенденции часто приводили к догматизму. Поэтому мы предпочитаем в большинстве случаев пользоваться терми-

ном «принцип», принимая несколько расширенное его понимание и обозначая их концепции, рассматриваемые некоторыми авторами в качестве законов, постулатов или правил. Лишь в некоторых случаях, когда принятие тех или иных принципов в качестве законов можно считать общепризнанным, мы будем пользоваться этим ко многому обязывающим термином.

Таким образом, в рамках принятого нами обсуждения фундаментальных концепций стратиграфии закон рассматривается как частный случай более общего понятия научный принцип. Более отчетлива, с нашей точки зрения, грань, разделяющая понятия принцип и эмпирические правила, подчиненные отдельным принципам. Впрочем, полного единства мнений по данному вопросу в литературе по общей стратиграфии также не существует, и некоторые положения, принимаемые нами в качестве принципов, трактуются другими авторами лишь в ранге правил, и наоборот.

На протяжении последнего десятилетия рядом авторов в нашей стране и за рубежом предпринимались попытки сформулировать основные принципы стратиграфии. В числе их могут быть указаны из советских ученых Л. Л. Халфин [1960 и ряд более поздних работ], Д. Л. Степанов [1967], О. П. Фисуненко [1969], В. А. Зубаков [1969a], В. Л. Егоян [1969], В. Е. Савицкий [1969b], И. В. Круть [1973], С. В. Мейен [1974a], А. М. Садыков [1974], К. В. Симакон [1975].

Из зарубежных авторов последнего десятилетия на первом месте упоминаем К. Данбара и Дж. Роджерса, опубликовавших весьма содержательную сводку «Принципы стратиграфии» [Dunbar, Rogers, 1957], изданную в русском переводе в 1962 г. Напомним, что под этим же названием в 1913 г. был опубликован фундаментальный труд А. Грэба (Grabau, 1913). На протяжении рассматриваемого десятилетия принципам стратиграфии уделялось более или менее значительное место в работах М. Уэллера [Weller, 1960], Г. Шенка [Shenck, 1961], А. Шоу [Shaw, 1964], Т. Николова [1977]. Приведенный перечень авторов, разрабатывавших принципы стратиграфии, не претендует на полноту и мог бы быть значительно расширен за счет включения в него фамилий исследователей, освещающих в своих работах отдельные частные вопросы, относящиеся к рассматриваемой проблеме.

Ознакомление с работами различных авторов свидетельствует о значительном разном в понимании принципов стратиграфии. Это особенно наглядно выявляется при сравнении числа принципов, принимаемых отдельными исследователями. Здесь на одном полюсе стоят работы, подобные сводке К. Данбара и Дж. Роджерса, в которой отсутствует специальный раздел или глава, посвященные формулировке отдельных принципов. Это дает основание полагать, что американские авторы в качестве принципов стратиграфии рассматривают все те многочисленные

и разнообразные концепции, которые составляют содержание их труда. Как упоминалось выше, последний выходит далеко за рамки стратиграфии в принимаемой нами трактовке. Соответственно значительная часть принимаемых ими «принципов стратиграфии» представляют собой концепции, относящиеся не только к собственно стратиграфии, но и к таким областям геологических знаний, как литология, седиментология, учение о фациях и др.

В книге Б. П. Жижченко [1958], в заглавии которой на первом месте стоят «Принципы стратиграфии», отсутствует попытка выделения и формулировки каких-либо принципов. Первая, общая часть озаглавлена «Методы стратиграфических исследований» и содержит обстоятельное их изложение. Таким образом, автор книги отождествляет методы с принципами, что нельзя признать правильным, поскольку методы должны вытекать из соответствующих принципов.

В вышедшей одновременно с книгой Б. П. Жижченко работе Д. Л. Степанова [1958] также отсутствует четкое разграничение понятий принцип и метод.

В книге А. Шоу [Shaw, 1964] мы находим формулировку двенадцати «стратиграфических принципов», которые охватывают, по существу, лишь аспекты седиментологии.

Противоположную крайность представляют взгляды С. В. Мейена [1974а], считающего, что в основе стратиграфии лежат всего три принципа: Стенона, Гексли и хронологической взаимозаменяемости признаков. Ряд других концепций, рассматриваемых нередко в качестве принципов стратиграфии, С. В. Мейен считает производными от указанных трех. Все три «основных» принципа стратиграфии, принимаемых С. В. Мейеном, являются хронологическими. Таким образом, другие аспекты стратиграфии, помимо временного, оказываются не охваченными этой «триадой» основных принципов.

К трем основным принципам считал возможным свести теоретические основы стратиграфии и американский исследователь М. Уэллер — автор фундаментальной сводки «Стратиграфические принципы и практика» [Weller, 1960].

Думается, однако, что в настоящее время есть достаточно оснований для признания в качестве принципов стратиграфии значительно большего числа основополагающих концепций. При этом даже если некоторые из них могут с известным основанием рассматриваться как производные от других более общих, главных или основных, то придание им ранга самостоятельных принципов будет, на наш взгляд, содействовать их конкретизации и тем самым облегчит их использование в практической работе стратиграфа.

Наконец, необходимо отметить, что помимо собственно стратиграфических, определяющих специфику и самостоятельность стратиграфии, в последней широко используются принципы об-

щегеологические, применимые к различным наукам геологического цикла. Тесная связь с палеонтологией предопределяет большое значение для стратиграфии и некоторых общегеологических принципов, вполне заслуживающих рассмотрения в аспекте их использования в нашей науке. И конечно же, нельзя оставить без рассмотрения сферу использования в стратиграфии некоторых общеметодических принципов, например принципа актуализма.

Таким образом, при рассмотрении основных принципов стратиграфии и подразделении их на категории мы используем с небольшим изменением схему Т. Николова [1977], который применительно к биостратиграфии различает следующие три группы принципов: собственно биостратиграфические, общестратиграфические и общеметодологические.

Тройственного деления на категории основных принципов стратиграфии придерживается и О. П. Фисуненко [1969], различающий следующие группы: принципы биостратиграфии, принципы литостратиграфии и «общие принципы для био- и литостратиграфии».

## 2.1. ПРИНЦИП АКТУАЛИЗМА (принцип Ч. Лайеля)

Идеи, лежащие в основе принципа актуализма, берут свое начало от Дж. Геттона, который еще в конце XVIII в. дал первый синтез геологических знаний в своей «Теории Земли» (1788, 1795 гг.). Однако вполне закономерно, что общепризнанным автором этого принципа является Ч. Лайель, которому принадлежит первоначальная его формулировка, данная в его основном труде «Принципы геологии» (1830—1833). Ниже это определение принципа актуализма приводится по русскому переводу, изданному в 1864 г.: «Силы, ныне действующие как на земной поверхности, так и под нею, могут быть тождественны по роду и степени с теми, которые в отдаленные эпохи производили геологические изменения», (цит. по И. В. Круть [1973, с. 30]). Как показал И. В. Круть, введение понятия актуализма в геологию сыграло крупную роль в развитии последней, показав, что познание настоящего помогает уяснить прошлое и потенциальное будущее. В то же время и прошлое помогает в какой-то мере уяснить настоящее.

Оформившийся и завоевавший широкое признание в конце XIX в. принцип актуализма стал в нашем веке предметом дискуссий и подвергся в 50-х годах суровой критике со стороны ряда советских геологов и философов, осуждавших его как метафизическую концепцию — проявление «плоского эволюционизма». Наиболее ярко выражение этого отрицательного подхода к принципу актуализма проявилось на Совещании по осадочным горным породам, происходившем в 1952 г. в Москве. Решения этого совещания как бы узаконили представление

о том, что концепция актуализма не может претендовать на признание в качестве принципа геологии и должна расцениваться лишь в качестве метода исследования. Эта точка зрения просуществовала до конца 60-х годов. В последние годы произошла своего рода реабилитация принципа актуализма. Было показано, что суровая критика актуализма должна быть в действительности адресована концепции униформизма, которая ошибочно отождествлялась с принципом актуализма и действительно имеет черты метафизической ограниченности. Как указывает И. В. Круть [1973], концепция униформизма складывается из трех составляющих: 1) признания специфичности и единообразия геологических процессов на всем протяжении существования Земли; 2) представления о большой длительности и непрерывности геологического времени и 3) вывода о значительных итогах суммирования множества малых изменений в течение геологического времени.

Основная же сущность лайелевского принципа актуализма, по И. В. Круть, заключается в том, что ныне действующие силы могут быть использованы для объяснения явлений прошлого, хотя из вышеприведенной формулировки Ч. Лайеля отнюдь не следует, что только они могут использоваться для этой цели. Принимая, что повторение обычных процессов при длительном их действии создает крупномасштабные изменения лика Земли, Ч. Лайель не отрицал и частные геологические катастрофы.

И. В. Круть [1973, с. 45] считает принцип Ч. Лайеля эмпирическим обобщением и подчеркивает, что концепция актуализма «далеко выходит за рамки униформизма и поэтому критика последнего не должна относиться к актуализму».

С. В. Мейен [1974а] подчеркивает, что принцип актуализма пронизывает всю стратиграфию. Тем не менее он не включает его в число принимаемых им основных принципов стратиграфии на том основании, «что он не является специфически стратиграфическим, а относится к числу основных в геологии вообще» (с. 39). Нам представляется, однако, что принцип актуализма имеет еще более широкое значение и лежит в основе всякого исторического исследования. Поэтому, следуя Т. Николу [1977], принцип актуализма мы рассматриваем в группе общеметодологических. В сфере биологических наук принцип актуализма лежит в основе эволюционного учения Ч. Дарвина, но еще до появления основного труда последнего «Происхождение видов» понятие о сравнительно-историческом методе в биологии было сформулировано К. Ф. Рулье в 1854 г. В дальнейшем более полное обоснование значения сравнительно-исторического метода в биологии получило освещение в работах К. А. Тимирязева.

Признавая автором принципа актуализма Ч. Лайеля, давшего его четкую, приведенную выше формулировку в 1830 г., следует иметь в виду, что, как указывает И. В. Круть [1973], понятия об актуальном как действительном и потенциальном (воз-

можном в прошлом и будущем) существовало со времени античности. Элементы принципа актуализма усматриваются в труде Г. Фюкселя, посвященном стратиграфии и геологической истории Тюрингии (1762 г.). Несомненна преемственность актуалистической концепции Ч. Лайеля от идей, развивавшихся в конце XVIII в. Дж. Геттоном и его последователями.

В какой-то мере непосредственным предшественником Ч. Лайеля в части создания концепции актуализма некоторые исследователи склонны считать великого поэта и естествоиспытателя И. В. Гёте. Последний во второй части своей трагедии «Фауст» выводит фантастическое, миниатюрное, созданное путем химического синтеза существо — Гомункулюса, обуреваемое стремлением к созиданию. В поисках путей к творчеству Гомункулюс встречается с древнегреческими мыслителями Фалесом и Анаксогором, из которых первый олицетворяет идеи нептунизма, а второй — плутонизма. Каждый из них пытается убедить Гомункулюса последовать советам Фалеса и избрать сферой своей деятельности водную среду. При этом И. В. Гёте раскрывает свои представления о развитии природы как устойчивом поступательном движении, не испытывающем крупных скачков. В этих высказываниях И. В. Гёте, видимо, отражает идеи Л. Окена.

Нам представляется, что в данном случае правильнее рассматривать взгляды И. В. Гёте как более близкие к униформизму, чем к собственно актуализму. Впрочем, как указывает Г. Шенк, у которого мы заимствуем приведенные данные, высказывания И. В. Гёте по данному вопросу имеют скорее исторический, чем научный интерес.

Выше отмечалась получившая одно время широкое распространение тенденция к отождествлению принципа актуализма с принципом униформизма, повлекшая отрицательное отношение к нему. Такое смешение понятий особенно широко распространено в англо-американской геологической литературе. Оно имеет место, в частности, в статье Г. Шенка [Schenk, 1961] и сводке М. Уэллера [Weller, 1960]. В связи с этим, вероятно, будет не лишним вернуться к краткому рассмотрению концепции униформизма в первоначальной ее форме. Как указывает Г. Шенк, имевший возможность непосредственного ознакомления с «Теорией Земли» Дж. Геттона в оригинале, он не мог обнаружить в нем ни одного четко сформулированного определения принципа униформизма. В качестве такого определения в литературе обычно фигурирует следующая формулировка, принадлежащая ученику Дж. Геттона и интерпретатору его идей Дж. Плейферу, которая приводится Ч. Лайелем в I-м томе его «Принципов геологии»: «Посреди всех переворотов земного шара экономия природы остается без изменения; и ее законы только одни противостоят общему движению. Реки и скалы,

моря и континенты изменились во всех своих частях, но законы, управляющие этими изменениями, и правила, которым они подчинены, остаются неизменно одни и те же».

Комментируя эту цитату, заимствованную из русского перевода 1-го тома Лайелевского «Принципа»\*, И. В. Круть [1973, с. 26] указывает, что она представляет собой, по существу, формулировку «геологического принципа сохранения», которым «вводится понятие о естественных геологических законах, действующих в рамках земной действительности». Этот принцип пространственно-временного униформизма, который И. В. Круть называет «принципом Геттона—Лайеля» и сущностью которого он считает абсолютизацию геологического времени, в дальнейшем преобразовался в идею эволюционизма.

## 2.2. ПРИНЦИП НЕПОЛНОТЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ЛЕТОПИСИ (принцип Ч. Дарвина)

К числу важнейших общих положений стратиграфии должен быть отнесен «принцип неполноты стратиграфической и палеонтологической летописи», обоснованный Ч. Дарвином в специальной X главе «Происхождения видов». С гениальным предвидением Ч. Дарвин впервые высказал мысль о том, что в геологических напластованиях запечатлена, вероятно, лишь меньшая часть геологической истории, а большая часть геологического времени приходится на перерывы. Эта мысль впоследствии получила подтверждение в трудах многих ученых, развивавших идею об «утраченных интервалах» геологической истории. При этом выяснилось, что наряду с крупными перерывами, которые фиксируются несогласиями (важная роль в неполноте геологической летописи принадлежит бесчисленным мелким перерывам, обусловленным пульсационным характером и прерывистостью самого процесса осадконакопления. Учение об этих относительно кратковременных перерывах, но в сумме дающих огромный эффект было разработано Дж. Барреллом [Barrell, 1917], предложившим для них специальный термин «диастемы». Обычно продолжительность «потерянного интервала», соответствующая отдельной диастеме, слишком незначительна, чтобы найти отражение в эволюционных изменениях какой-либо группы организмов. Однако предпринимались заслуживающие внимания попытки оценить продолжительность диастем как палеонтологическим, так и другими методами.

Большой прогресс достигнут также в разработке учения о различных типах несогласий и их значения для стратиграфии.

\* В переводе этой цитаты нами внесено лишь одно исправление в самом ее конце. В приводимом И. В. Крутем тексте сказано: «остаются постоянно одни и те же». Мы заменяем «постоянно» на «неизменно», поскольку это более соответствует стоящему в оригинале «invariably» [Лайель Ч., 1864].

Особенно важным представляется нам выявившееся в последнее время широкое распространение скрытых несогласий (ragasconiformity), которые устанавливаются нередко лишь на основании палеонтологических данных и недооценка которых неоднократно приводила к крупным ошибкам.

Таким образом, учение Ч. Дарвина о неполноте геологической, точнее стратиграфической, летописи получило полное подтверждение в свете современных данных. Заметим, однако, что с точки зрения «интерпретационной стратиграфии» перерывы и несогласия сами могут рассматриваться в качестве документа исторической геологии, получающего то или другое истолкование. Поэтому, говоря о принципе неполноты стратиграфической летописи, последний следует понимать в том прямом смысле, который непосредственно вытекает из трактовки его автора — Ч. Дарвина. В таком понимании принцип Ч. Дарвина бесспорно должен быть отнесен к категории ведущих в стратиграфии.

Сущность его может быть выражена в следующей краткой формулировке: стратиграфическая летопись в виде толщ горных пород земной коры является неполной, так как более или менее значительная часть геологического времени в каждом конкретном разрезе не отражена в напластованиях и приходится на перерывы.

Во избежание часто имеющих место недоразумений следует отметить, что проблема неполноты геологической (стратиграфической) летописи имеет два различных аспекта. Один, вытекающий из формулировки Ч. Дарвина о неполноте геологической летописи, подчеркивающий то обстоятельство, что значительная часть геологического времени не документирована соответствующими слоями и приходится на перерывы, был только что рассмотрен. Он может быть обозначен как положение о неполноте стратиграфической летописи. Второй аспект — это положение Ч. Дарвина о «неадекватности» палеонтологической летописи (Inadequacy of the fossil record). Оно говорит о том, что окаменелости, заключенные в геологических напластованиях, представляют лишь незначительный процент организмов, населявших Землю в прошлые геологические эпохи. Эта неполнота палеонтологической летописи прежде всего затрудняет реконструирование с достаточной полнотой древних фаун и флор, так как многие компоненты последних по различным причинам, чаще всего из-за отсутствия способных fossilizироваться образований, исчезли бесследно. Кроме того, неполнота палеонтологической летописи не позволяет во многих случаях достаточно достоверно устанавливать истинное распространение во времени даже известных нам представителей древних животных и растений.

Сам Ч. Дарвин видел главное значение своего принципа неполноты геологической летописи в том, что он позволял ему дать рациональное объяснение редкости нахождения переход-

ных форм между видами и связующих звеньев между высшими таксонами, которые должны были существовать в прошлые геологические эпохи в соответствии с положениями эволюционного учения.

В последнее время положение о неполноте или неадекватности палеонтологической летописи подвергается пересмотру. Многие авторы достаточно обоснованно указывают, что с совершенствованием техники и методики палеонтологических исследований открываются перспективы обнаружения огромного числа представителей древних организмов, еще неизвестных палеонтологам. Однако при самом оптимистическом подходе к этому вопросу трудно согласиться с авторами, считающими, что положение о неадекватности палеонтологической летописи можно считать полностью «снятым». Так, Ален Шоу в своей интересной книге «Время в стратиграфии» утверждает, что представление о неадекватности палеонтологической летописи, которое он иронически именует «профессиональным комплексом неполноценности» палеонтологов, серьезно тормозит палеонтологическую мысль и практику. А. Шоу говорит о «призраке неадекватности, до сих пор уживающемся с нами» [Shaw, 1964, с. 105].

На основе математических расчетов А. Шоу пытается, по его выражению, «рассеять тень, которая так долго висела над палеонтологической летописью», и утверждает, что стратиграфическое распространение отдельных ископаемых форм может быть выяснено с достаточной точностью. При этом под «полным стратиграфическим распространением» (total stratigraphic range) А. Шоу понимает стратиграфический интервал между первым и последним добытыми экземплярами данного вида. Это полное стратиграфическое распространение представляет собой совокупность всех топозон или тейльзон вида и часто обозначается как его бионоза.

Отдавая должное интересным расчетам А. Шоу и вытекающим из них выводам, укрепляющим позиции палеонтологического метода в стратиграфии, мы все же полагаем, что они не снимают положения о неадекватности палеонтологической летописи и уж во всяком случае не могут служить опровержением принципа неполноты геологической (стратиграфической) летописи.

Учитывая дискуссии, возникшие по поводу оценки роли и значения принципа неполноты геологической летописи, необходимо обратиться к первоначальной трактовке его Ч. Дарвином.

Палеонтологический аспект положения Ч. Дарвина о неполноте геологической летописи изложен в разделе X главы, носящем название «О бедности наших палеонтологических коллекций», в котором рассматриваются вопросы тафономии и фоссилизации остатков организмов. Характеризуя эти условия для морских обстановок, Ч. Дарвин [1952, с. 316—317] говорит:

«Совершенно мягкие организмы совсем не могут сохраняться. Раковины и кости разрушаются и исчезают, если остаются на дне моря в тех местах, где осадки не отлагаются. Мы, вероятно, сильно ошибаемся, если думаем, что осадки отлагаются почти по всему дну моря и настолько быстро, чтобы ископаемые остатки могли быть засыпаны и сохраняться...» — и далее: «Остатки, падающие на песок или гравий, по выступлении слоев из-под уровня моря обыкновенно растворяются благодаря просачиванию дождевой воды, содержащей в себе углекислоту. Некоторые из тех многочисленных животных, которые населяют морское побережье между уровнем прилива и отлива, сохраняются, по-видимому, лишь в редких случаях...». Далее Ч. Дарвин отмечает, что многие мощные осадочные толщи, требовавшие весьма продолжительного времени для своего отложения, совершенно лишены органических остатков, и в качестве примера приводит флишевую формацию.

Переходя к условиям сохранения наземных организмов, Ч. Дарвин указывает: «Что касается организмов, живших на материках в продолжении мезозойских и палеозойских периодов, нечего и говорить, что наши сведения о них в высшей степени отрывочны. Достаточно сказать, что до недавнего времени не было найдено ни одной наземной раковины, принадлежащей какому-либо из этих громадных периодов, если не считать одного вида, открытого Лайелем и Доусоном в каменноугольных слоях Северной Америки, но теперь наземные раковины найдены в лейасе. По отношению к остаткам млекопитающих один взгляд на историческую таблицу, приведенную в руководстве Лайеля, докажет лучше, чем целые страницы подробностей, насколько случайно и редко они сохраняются. И эта редкость их неудивительна, если вспомнить о том, как много было найдено костей третичных млекопитающих или в пещерах, или в озерных отложениях, и о том, что ни одна пещера и ни одно озерное отложение не известно ни среди мезозойских, ни среди палеозойских образований» [Там же, с. 317].

В этом же разделе главы X «Происхождения видов» мы находим четкую формулировку геологического аспекта проблемы неполноты стратиграфической летописи, обусловленной существованием многочисленных перерывов, в течение которых не только не происходило накопления осадков, но и могло иметь место уничтожение (размыв) ранее образовавшихся осадочных толщ. Вот как об этом говорит сам Ч. Дарвин после рассмотрения значения тафономических условий: «Но неполнота геологической летописи в значительной степени зависит от другой и более важной причины, чем все упомянутые выше: именно от того, что разные формации отделены друг от друга большими промежутками времени» [Там же, с. 317]. «Все геологические факты ясно указывают нам, что каждая область земного шара переживала многочисленные медленные колебания

поверхности, и, по-видимому, эти колебания захватывали большие пространства. Следовательно, формации, богатые ископаемыми и достаточно мощные и обширные, чтобы сохраниться от последующего разрушения, могли в эпохи опускания образоваться в обширных областях, но только там, где количество приносимого осадка было достаточно, чтобы глубина моря продолжала оставаться незначительной и чтобы остатки заносились и сохранялись, прежде чем они успевали разрушиться. С другой стороны, пока дно моря остается неподвижным, **мощные толщи** (подчеркнуто Ч. Дарвином) осадка не могут накапливаться в мелководных областях, наиболее благоприятных для жизни. Еще менее это было возможно в промежуточные эпохи поднятия; или, вернее сказать, отложенные тогда слои должны были по большей части подвергнуться разрушению по мере того как они поднимались и вносились в сферу действия морского прибой» [Там же, с. 319].

В другом месте главы X Ч. Дарвин подчеркивает, что помимо крупных перерывов, отделяющих друг от друга отдельные формации, существуют внутриформационные перерывы, в процессе осадконакопления. Он говорит об этом в следующих словах: «По-видимому, и каждая отдельная формация, подобно целой серии формаций какой-нибудь страны, обычно представляет собой перемежающееся напластование. Когда мы наблюдаем, как это часто случается, формацию, сложенную из слоев различного минералогического состава, мы вправе предположить, что в процессе отложения ее были большие или меньшие перерывы. И самое внимательное исследование какой-либо формации не дает нам никакого понятия о продолжительности времени, какое нужно было для ее отложения» [Там же, с. 322].

Мы сочли необходимым привести ряд цитат из главы X «Происхождения видов», чтобы показать, насколько отчетливо представлял Ч. Дарвин обе стороны проблемы неполноты стратиграфической летописи — палеонтологический и геологический ее аспекты. Необходимо одновременно подчеркнуть и другое обстоятельство. Ч. Дарвин вполне сознавал, что значительная роль в неполноте стратиграфической и палеонтологической летописи принадлежит слабой в те времена геологической изученности Земли и что, следовательно, в какой-то мере наблюдаемые пробелы в дальнейшем могут быть восполнены путем более детальных геологических исследований. Он пишет по этому поводу: «Лишь небольшая часть земной поверхности исследована геологически, и ни одна местность не исследована с достаточной полнотой, что доказывают важные открытия, которые каждый год делаются в Европе» [Дарвин Ч., 1952, с. 316]. Ч. Дарвин намечает конкретные пути к частичному преодолению неполноты геологической летописи, указывая, что «формации, богатые ископаемыми и достаточно мощные и обширные, чтобы сохраниться от последующего разрушения, могли

в эпохи опускания образоваться в обширных областях, но только там, где количество приносимого осадка было достаточно, чтобы глубина моря продолжала оставаться незначительной и чтобы остатки заносились и сохранялись, прежде чем они успевали разрушиться» [Там же, с. 319]. Нетрудно видеть, что это указание Ч. Дарвина лежит в основе идей И. А. Ефремова, развиваемых в его учении о тафономии.

Таким образом, у нас нет никаких оснований рассматривать Ч. Дарвина как крайнего пессимиста, каким его рисует А. Шоу, к точке зрения которого в какой-то мере присоединился Б. С. Соколов [1971].

Напомним попутно, что задолго до А. Шоу, еще в 90-х годах прошлого столетия, мнение о том, что идея Ч. Дарвина о неполноте или, точнее, неадекватности палеонтологической летописи «является в известной мере уже устаревшей», высказал такой убежденный дарвинист, как К. А. Тимирязев. Последний опирался при этом на успехи палеонтологии, достигнутые после выхода в свет первого издания «Происхождения видов» к концу XIX в. в области открытия переходных форм, являющихся связующими звеньями между таксонами различного ранга, «начиная с видов и кончая классами».

Оптимизма А. Шоу в отношении якобы уже достигнутого преодоления неполноты палеонтологической летописи не разделяет другой американский палеонтолог и стратиграф Н. Ньюелл, который обращает внимание на необходимость учитывать то обстоятельство, что установленный диапазон стратиграфического распространения отдельных групп ископаемых (иными словами, их биозоны) не совпадает с истинным диапазоном их существования. Н. Ньюелл подчеркивает, что вероятность нахождения в ископаемом состоянии видов, представленных во время своего существования малочисленными и пространственно ограниченными локальными популяциями, действительно ничтожна. Палеонтолог в практике своих исследований имеет дело только с широко распространенными популяциями, отличавшимися большой численностью. Следовательно, ранние фазы становления видов, характеризующиеся, как правило, локально ограниченными и малочисленными популяциями, имеют мало шансов на их установление в ископаемом состоянии. Поэтому палеонтологическая летопись — это в основном летопись организмов, представленных когда-то обильными и широко распространенными популяциями. Отсюда следует вывод о том, что амплитуда стратиграфического и диапазон географического распространения ископаемых форм почти всегда меньше истинного распространения этих организмов во времени и в пространстве [Newell, 1966].

Этот вывод не представляет чего-либо принципиально нового и лишь подтверждает давно установленное положение о том, что так называемое первое появление какой-либо иско-

паемой формы или группы в разрезе фиксирует не начальный момент возникновения данного вида, а время, отвечающее той фазе его развития, когда он уже достиг достаточно большой численности популяций и значительно расширил свой первоначальный ареал. Точно так же и нахождение «последних» представителей какого-то таксона в разрезе отнюдь не отвечает, вероятно за редчайшими исключениями, моменту полного его вымирания, а лишь фиксирует заключительный этап его развития, обычно характеризующийся резким сокращением численности популяций и сужением географического ареала. Это обстоятельство находит наглядное подтверждение в фактах обнаружения так называемых живых ископаемых — представителей групп организмов, давно исчезнувших в палеонтологической летописи. Примером может служить открытие живых целокантов и моноплакофор — представителей групп, которые по данным палеонтологической летописи считались полностью вымершими много миллионов лет назад.

Сказанное подтверждает мысль Ч. Дарвина о том, что палеонтологическая летопись, т. е. ископаемые комплексы организмов, не являются вполне адекватными фаунам и флорам соответствующих отрезков геологического времени. Конечно, достижения в области совершенствования методов распознавания, извлечения из горных пород и изучения массового палеонтологического материала, включая разнообразные группы микрофоссилий, действительно в значительной мере ограничили число случаев нахождения «палеонтологически немых отложений». Это позволило включить в сферу применения палеонтологического метода стратиграфии поздний докембрий и тем самым расширить возрастной диапазон биостратиграфических исследований на полтора миллиарда лет. Но не будем обманываться и признаем, что целые группы одноклеточных и многоклеточных организмов, не имевших скелетов или оболочек, способных к фоссилизации, безусловно существовавшие во все геологические эпохи, как и в настоящее время, представляют собой навсегда утраченные детали общей картины развития жизни на Земле. Это то, что следует сказать в отношении якобы уже достигнутого снятия проблемы неполноты палеонтологической летописи.

Еще меньше оснований для отказа от признания правоты Ч. Дарвина в отношении неполноты собственно геологической или стратиграфической летописи. Последняя, как было показано выше, вытекает из прерывистости самого процесса осадкообразования. При этом, по мнению многих авторитетных исследователей, длительность скрытых перерывов во много раз превышает длительность самого процесса накопления осадков. Например, по расчетам Д. В. Наливкина [1974], основанным на наблюдениях над скоростью современного осадконакопления и радиометрических данных о продолжительности фанерозоя

600 млн. лет, на осадконакопление фанерозойских осадков достаточно 60 млн. лет, а остальные 540 млн. лет приходятся на перерывы. Степень надежности подобных расчетов несколько снижается лежащим в их основе униформистским подходом и переоценкой значения актуалистического метода. Однако даже с поправкой на это обстоятельство огромная продолжительность интервалов «утраченного времени», не зафиксированного в осадках, не подлежит сомнению.

Преодоление неполноты собственно геологической, точнее стратиграфической, летописи со времен Ч. Дарвина до наших дней шло по линии расширения геологических исследований с распространением их не только на территории всех материков, но и на акватории шельфа, а в последнее время и на океаническое ложе. Это позволило установить ряд непрерывных разрезов для тех интервалов стратиграфической шкалы, которые в изученных при Ч. Дарвине классических областях Западной Европы характеризуются перерывами между отдельными системами фанерозоя. Более того, установлены разрезы, в которых верхний докембрий (рифей и венд) непрерывно переходит в нижний палеозой (зокембрий). Это заставляет отказаться от концепции универсального «липальского перерыва», повсеместно отделяющего фанерозой от докембрия, которая имела много сторонников, особенно среди американских геологов.

В заключение обзора современного состояния проблемы неполноты геологической и палеонтологической летописи отметим, что признание этой концепции как одного из главных принципов стратиграфии мы находим в работах О. П. Фисуненко [1969], А. М. Садыкова [1974], Т. Николова [1977]. При этом О. П. Фисуненко придает значение самостоятельных принципов биологическому (палеонтологическому) и стратиграфическому, или собственно геологическому, аспектам концепции Ч. Дарвина. Еще дальше идет А. М. Садыков, который возводит геологический аспект принципа Ч. Дарвина в ранг «закона неполноты геологической летописи». Автор обращает внимание на одно крайне важное обстоятельство. Он указывает, что эволюция земной коры не может осуществляться на основе только одного процесса — непрерывного осадконакопления или магматизма. Эта эволюция включает наряду с осадконакоплением и активной магматической деятельностью также литификацию осадков и кристаллизацию магмы. По А. М. Садыкову, это две стороны единого процесса образования и развития геологических тел и всей земной коры в целом. Как указывает А. М. Садыков [1974, с. 63], «ни непрерывное осадконакопление без закрепления осадка, ни непрерывная магматическая деятельность без кристаллизации и становления продукта магмы не образуют геологических тел». При этом, подчеркивает А. М. Садыков, осадконакопление и внедрение или излияние магмы пред-

ставляют собой относительно кратковременные явления по сравнению с длительными процессами литификации осадков и кристаллизации продуктов магматической деятельности.

Не вдаваясь в более углубленное рассмотрение этой заслуживающей внимания проблемы, отметим, что в трактовке А. М. Садыкова принцип неполноты геологической летописи приобретает еще более общее значение, выходящее за рамки стратиграфии и геохронологии.

Нам представляется заслуживающими внимания мнение, высказанное О. П. Фисуненко и А. М. Садыковым о возможности придания палеонтологическому и стратиграфическому аспектам концепции Ч. Дарвина значения самостоятельных принципов, равно как и предложение А. М. Садыкова о признании второго из них в качестве закона стратиграфии. Однако эти вопросы требуют дальнейшего обсуждения.

### 2.3. ПРИНЦИП НЕОБРАТИМОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

С позиций диалектического материализма положение о необратимости эволюции земной коры и Земли в целом, так же как и положение о необратимости эволюции органического мира, следует рассматривать как единый принцип, отражающий всеобщий диалектический закон развития — закон отрицания отрицания. Этот закон раскрывает общее направление, тенденцию развития материального мира. Сущность его была сформулирована К. Марксом в следующих словах: «Ни в одной области не может происходить развитие, не отрицающее своих прежних форм существования»\*.

В свете этого закона всякое развитие представляет собой цепь диалектических отрицаний, каждое звено которой, отвергая предшествующие звенья, одновременно сохраняет положительное, содержащееся в них, таким образом всё более концентрируя в своих высших звеньях богатство развития в целом. Развитие заключается в возникновении новых, высших форм, создающих в себе предпосылки для дальнейшего развития. Этим обуславливается общая закономерная тенденция поступательного, восходящего движения — тенденция развития от простого к сложному. Таким образом, развитие в целом имеет прогрессивный характер, определяющий его общее направление.

Другой стороной закона отрицания отрицания является то обстоятельство, что развитие представляет собой не прямолинейное движение, а весьма сложный спиралеобразный процесс с повторением в высших стадиях отдельных сторон низших. Отсюда проистекает известная цикличность или повторяемость в прогрессивном развитии материи. Однако повторение прой-

\* К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 4, с. 297.

денных уже ступеней развития — это не буквальный возврат к старому, а утверждение нового, которое часто имеет только формальное сходство со старым, коренным образом отличаясь от него по внутреннему содержанию. Следовательно, важнейшей для нас в данном случае характерной чертой процесса отрицания отрицания является его необратимость, иначе говоря, такое развитие, которое в качестве общей тенденции не может быть движением вспять, от высших форм к низшим, от сложных к простым. В то же время поступательность развития нельзя понимать метафизически как плавный процесс, без отклонений, зигзагов. Поступательность движения реализуется в борьбе различных тенденций. При этом отдельные линии общего развития могут выражать моменты регресса. Ф. Энгельс выразил эту мысль в следующих словах: «... каждый прогресс в органическом развитии является вместе с тем и регрессом, ибо он закрепляет одностороннее развитие и исключает возможность развития во многих других направлениях»\*.

Таким образом, принцип необратимости процесса развития в природе непосредственно вытекает из всеобщего закона отрицания отрицания. Однако конкретные суждения о необратимости биологической и геологической эволюции возникли первоначально на основе эмпирических обобщений. В биологии положение о необратимости эволюции было впервые высказано Ч. Дарвином в главе XI «Происхождения видов», в связи с чем некоторые исследователи, например А. А. Парамонов [1945], называют эту концепцию «законом Дарвина». Однако чаще установление этой закономерности связывается с именем Л. Долло, сформулировавшего на основе эмпирического обобщения «закон необратимости эволюции», который в последнее время нередко рассматривается лишь в качестве «правила Долло». Мы сейчас не останавливаемся подробнее на этом вопросе, поскольку нам придется вернуться к нему при рассмотрении теоретических основ палеонтологического метода в стратиграфии.

Несколько позднее оформилась и утвердилась идея о необратимости эволюции Земли и ее геосфер, включая и литосферу. Однако в настоящее время ее можно считать получившей широкое признание. Так, Н. М. Страхов [1960, 1962], рассматривая эволюцию типов литогенеза в ходе геологической истории, показал как необратимые черты этого процесса, так и явления повторяемости или периодичности в нем. Мысль о том, что «развитие Земли идет посредством необратимых процессов», была высказана и обоснована Б. Н. Достоваловым (1965 г.). С большой убедительностью необратимость эволюции земной коры показана В. М. Синицыным [1972, с. 139], отметившим, что «весь геологический опыт сви-

\* К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, с. 621.

детельствует о едином поступательном процессе развития земной коры, отражающем исторические изменения термодинамического режима планеты». О «необратимости эволюции земного шара, его гео-, гидро-, атмо- и биосфер и их взаимодействия друг с другом» говорит в заключении своей книги Ю. В. Тесленко [1976].

Все сказанное дает основание к принятию в качестве единого принципа положения о необратимости геологической и биологической эволюции. Положение о необратимости биологической эволюции раньше завоевало признание и было положено в основу биостратиграфии, или палеонтологического метода в стратиграфии. Один из рассмотренных ниже стратиграфических принципов — принцип палеонтологической сукцессии (или принцип Жиро Сулави — В. Смита) — может рассматриваться как производное от «правила необратимости органической эволюции». Более отчетливое проявление необратимости в биологической эволюции по сравнению с развитием неорганического мира обусловлено большей сложностью строения организмов и условий их происхождения, что делает крайне маловероятным повторение их комбинаций на разных этапах геологической истории. Необратимость процессов развития в неорганическом мире обнаруживается значительно трудней, в силу чего она часто не учитывалась или должным образом не оценивалась. Однако в последнее время накапливается все больше данных о необратимых тенденциях в развитии неорганического мира.

Излагаемый ниже принцип объективной реальности и неповторимости геологических тел может, на наш взгляд, с достаточным основанием рассматриваться как производный от более общего принципа необратимости геологической и биологической эволюции, в свою очередь вытекающего из всеобщего закона отрицания отрицания.

#### 2.4. ПРИНЦИП ОБЪЕКТИВНОЙ РЕАЛЬНОСТИ И НЕПОВТОРИМОСТИ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

В качестве единого принципа нами объединяются два положения, которые в свое время были выдвинуты Л. Л. Халфиным [1960а] как два самостоятельных принципа: принцип объективности стратиграфических подразделений и принцип неповторимости подразделений региональных стратиграфических схем. Эти два положения тесно взаимосвязаны, и выделение второго из них в качестве самостоятельного принципа обусловлено принимаемым Л. Л. Халфиным противопоставлением подразделений общей стратиграфической шкалы, с одной стороны, и стратонов региональных схем — с другой. Однако для такого противопоставления в действительности нет достаточ-

ных оснований, что было убедительно, на наш взгляд, показано Ю. В. Тесленко [1969, 1976].

Все стратиграфические подразделения (стратоны) фиксируют результаты различных геологических событий и объективно отражают суть этих событий. В стратиграфическом разрезе отдельные стратоны последовательно фиксируют очередность соответствующих событий во времени, т. е. отражают исторический процесс развития. Различие между региональными стратиграфическими подразделениями и стратонами общей шкалы заключается в том, что первые отражают частные, локальные эпизоды, а вторые синтезируют их в общепланетарную картину истории Земли. Поэтому, говорит Ю. В. Тесленко, нельзя противопоставлять общую стратиграфическую шкалу региональным шкалам, как нельзя противопоставлять общее частному. «Время является субстанцией, связующей между собой хроностратиграфические и региональные единицы» [Тесленко Ю. В., 1969, с. 83].

Объективная реальность стратиграфических подразделений подчеркнута в книге «Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура», изданной в 1965 г. и утвержденной Межведомственным стратиграфическим комитетом СССР в качестве обязательного положения для геологических организаций СССР. В ней сказано следующее: «Выделение стратиграфических подразделений должно быть лишено элементов субъективизма и случайности. Оно должно исходить не из принципа формального удобства или простой условности, а преследовать цель объективного раскрытия действительного хода геологической истории. Стратиграфические подразделения следует выделять так, чтобы они соответствовали реальным историческим этапам развития Земли в целом или отдельных ее регионов. Причем они должны базироваться на совокупности всех признаков, объективно отражающих этапы исторического хода развития Земли и своеобразие этих этапов в различных ее частях» (с. 15). И далее: «Таким образом в стратиграфической шкале находят свое выражение результаты геологических процессов прошлого, которые происходили на различных естественных этапах развития литосферы» (с. 18).

Так обстоит дело с положением об объективной реальности стратиграфических подразделений общей и региональных шкал. Что касается неповторимости стратонов, то хроностратиграфические подразделения общей шкалы «неповторимы по времени, ибо неповторимы в своем развитии те условия, в которых они формировались, и те признаки, по которым они выделены. Точно так же региональные стратиграфические подразделения неповторимы во времени (как составные части хроностратиграфических подразделений) и в пространстве, т. е. за пределами области их формирования, что обусловлено их местным происхождением» [Тесленко Ю. В., 1976, с. 131].

Все сказанное позволяет предложить следующую краткую формулировку принципа объективной реальности и неповторимости стратиграфических подразделений. Стратиграфические подразделения (стратоны), представляя реальный результат геологических событий, объективно отражают суть этих событий и не повторяются во времени и в пространстве. Практический смысл этого принципа заключается в необходимости преодоления пользующейся распространением тенденции к субъективному подходу при установлении стратиграфических подразделений.

Несколько иначе подошел к рассматриваемому вопросу А. М. Садыков [1974], преобразовавший «принцип неповторимости подразделений региональных стратиграфических схем», предложенный Л. Л. Халфиным, в «закон конечности и неповторимости геологических тел». В формулировке А. М. Садыкова, этот «закон» выглядит скорее как попытка определения понятия «геологическое тело» и едва ли может рассматриваться в качестве принципа стратиграфии.

## 2.5. ПРИНЦИП ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ (принцип Н. Стенона \*)

Этот принцип издавна фигурирует в геологической литературе как принцип или закон последовательности напластования, поскольку первоначальная формулировка этого постулата Н. Стеноном в его диссертации (1969 г.) была связана непосредственно с процессом слоеобразования. В дальнейшем, однако, было предложено расширить область применения принципа (закона) Н. Стенона, не ограничивая ее слоистыми осадочными толщами, и распространить этот принцип на последовательность образования геологических тел вообще, включая и интракрустальные породы. Основанием для этого, как показали Л. Л. Халфин [1967] и А. М. Садыков [1974], явились и высказывания Н. Стенона, сделанные в других местах его сочинения, в которых он рассматривает взаимоотношения геологических тел, относящихся к категориям магматических и метаморфических образований.

Соответственно прежняя формулировка этого принципа — «при ненарушенном залегании каждый нижележащий слой древнее покрывающего слоя» — должна быть заменена новой. В качестве ее Л. Л. Халфин [1967, с. 12] предложил следующую: «Относительный возраст двух контактирующих тел установленного генезиса с очевидностью определяется их первичными пространственными соотношениями».

\* Авторы, следуя установившейся в последнее время традиции, принимают латинизированную форму написания фамилии знаменитого естествоиспытателя — Стенон.

Прежняя, приведенная выше интерпретация принципа Н. Стенона — последовательность залегания слоев в нормальном разрезе отвечает исторической последовательности их образования — обозначается Л. Л. Халфиным как «правило Стенона — Геттона» и рассматривается как частный случай принципа Н. Стенона.

С. В. Мейен [1974а], соглашаясь с предложением Л. Л. Халфина о расширении области применения принципа Н. Стенона, признает предложенную им формулировку недостаточно строгой. В частности, С. В. Мейен считает неудачным выражение «относительный возраст», взамен которого предлагает ввести в формулировку принципа исходные временные соотношения «раньше/позже». Он возражает также против упоминания об установленном генезисе контактирующих тел, считая это требование чрезмерным. С учетом этих соображений С. В. Мейен [1974а, с. 13] предлагает следующую формулировку принципа Н. Стенона, который он рассматривает в качестве одного из трех принимаемых им принципов стратиграфии: «Временные отношения раньше/позже между геологическими телами определяются их первичными пространственными отношениями и (или) генетическими связями».

Одновременно с С. В. Мейеном общую формулировку принципа Н. Стенона (который трактуется им как закон) предложил А. М. Садыков [1974]. Его формулировка выглядит следующим образом: «Из двух смежных тел первым образовалось то, которое является подстилающим или оставляет свой отпечаток на теле другого».

В качестве фундаментального закона геологии рассматривает принцип Н. Стенона и И. В. Круть [1973]. Последний, однако, отмечает некоторую идеализацию и упрощение, подразумеваемые стеноновским законом, заключающуюся в допущении однородности состава каждого пласта и его неограниченного распространения в первичном залегании. Подобное упрощение лежало в основе концепции А. Вернера, считавшего, что формации различного состава должны иметь и различный возраст [Круть И. В., 1974, с. 39].

Рассматриваемый принцип находит конкретное применение в стратиграфии в той приведенной выше его формулировке, которую Л. Л. Халфин обозначает как «правило Стенона — Геттона».

О. П. Фисуненко [1969] считает, что принципу последовательности образования геологических тел, отражающему общий ход поступательного развития земной коры, подчинены два основных правила: фациальных различий разновозрастных толщ и миграции возрастных границ литологических комплексов, которые в этой книге рассматриваются ниже в качестве самостоятельных принципов.

## 2.6. ПРИНЦИП ВОЗРАСТНОЙ МИГРАЦИИ ГРАНИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СУПРАКРУСТАЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ (принцип Н. А. Головкинского)

В основе рассматриваемого принципа лежит положение о неодновременности образования литологически однородных слоев, которое было, по-видимому, впервые установлено в 1868 г. Н. А. Головкинским в результате изучения пермской формации Камско-Волжского бассейна. Разновозрастность различных частей одного и того же слоя он считал обусловленной самим механизмом слоеобразования в условиях перемещения береговой линии бассейна осадконакопления. Как вывод из своих исследований Н. А. Головкинский [1868, с. 399, 400] указал, что «должно внимательно различать понятия о хронологическом, стратиграфическом, петрографическом и палеонтологическом горизонтах». При этом, указывает он, «хронологические горизонты косвенно пересекают все другие». В современном прочтении известного советского литолога А. Н. Гейслера [1950, с. 31] этот вывод Н. А. Головкинского звучит следующим образом: «Исходя из учения об образовании слоя, в каждом слое можно считать синхроничными только те осадки, которые отлагались вдоль существовавших в каждый данный момент определенных зон седиментации, т. е. осадки, распределяющиеся в направлении, параллельном береговой линии».

Конечно, разновозрастность отдельного слоя практически часто не может быть установлена и поэтому не всегда имеет существенное значение для стратиграфии. В этих случаях ею можно и пренебречь. Однако с разновозрастностью осадочных комплексов, состоящих из большого числа слоев, необходимо считаться.

Идея Н. А. Головкинского не сразу получили признание, хотя целый ряд исследователей независимо от него приходили к аналогичным выводам. Так, И. Вальтер [1893] в своем «Введении в геологию как историческую науку» установил закономерность фациальных изменений в процессе слоеобразования, названную им «закон согласования фаций» (закон Вальтера).

В 90-х годах прошлого столетия американский геолог Г. С. Вильямс, признавая идею дуалистической классификации в стратиграфии, указывал, что границы литостратиграфических подразделений (литостратонов по современной терминологии) не являются одновозрастными. В 20-х и 30-х годах нашего века эта мысль высказывалась в разной форме целым рядом исследователей, говорящих о «несогласии хронологических и литологических горизонтов» (П. Босуэлл), «пересечении литологических и фаунистических горизонтов» (Л. Стамп), «возрастном скольжении» (В. И. Попов) и др. Одними из первых советских геологов, обративших внимание на закономерное изменение возраста граничных поверхностей геологических тел, были М. М. Тетяев, В. И. Попов, З. А. Богданова и другие.

В 1948 г. американские геологи Г. Е. Уилер и Е. М. Бислей [Wheeler, Beesley, 1948] убедительно показали, что давно известное, но редко должным образом оцениваемое явление изменения возраста граничных поверхностей геологических тел по площади представляет собой определенную закономерность, которую они обозначили как принцип трансгрессии во времени. По мнению этих авторов, указанный принцип является одной из фундаментальных концепций стратиграфии, близкой по своему значению к принципам (законам) последовательности напластования и палеонтологической сукцессии.

В дальнейшем эта идея получила развитие в исследованиях многих советских и зарубежных геологов и в настоящее время пользуется широким признанием. Д. Л. Степанов [1967] предложил рассматривать положение о возрастной миграции граничных поверхностей литостратонов в числе основных принципов стратиграфии и обозначать его как принцип Н. А. Головкинского, основываясь на бесспорном приоритете этого выдающегося русского геолога. Была предложена и формулировка этого принципа, приводимая здесь с некоторыми редакционными изменениями: «Граничные поверхности геологических тел не являются вполне изохронными на всем протяжении, причем градиент возрастной миграции этих поверхностей возрастает в направлении, перпендикулярном к береговой линии бассейна седиментации, и уменьшается в направлении, параллельном последней. В настоящее время многие авторы уделяют внимание этому принципу, имеющему большое значение в практике геологических исследований. С наибольшей полнотой он был рассмотрен А. М. Садыковым [1974], обозначающим его как «закон возрастной миграции геологических тел». Этот автор приводит много примеров, убедительно подтверждающих широкое распространение возрастного скольжения граничных поверхностей супракрустальных геологических тел и свидетельствующих о том, что недооценка этого явления нередко приводит к грубым ошибкам. Как справедливо указывает А. М. Садыков [1974, с. 59, 60], «к настоящему времени накопился материал, вполне достаточный для того, чтобы положение возрастного скольжения граничных поверхностей геологических тел считать доказанным. Причем оно может быть принято для всех тел независимо от их ранга, возраста и происхождения (в геосинклинальных ли областях или же на платформах)». Однако, указывает далее А. М. Садыков, учитывая, что градиент возрастной миграции зависит от геотектонической активности области седиментации, «можно думать, что геологические тела геосинклинального происхождения обладают большим градиентом, чем платформенные».

В отличие от Д. Л. Степанова, связывающего установление принципов возрастной миграции геологических тел с именем Н. А. Головкинского, А. М. Садыков считает более правильным

признание авторами этого закона Г. Е. Уилера и Е. М. Бислея, как впервые сформулировавших последний и отметивших его первостепенное значение для стратиграфии. А. М. Садыков соглашается с тем, что в работе Н. А. Головкинского можно найти убедительные доказательства в пользу этого закона. Однако он считает, что сам Н. А. Головкинский не сделал определенного вывода о наличии такой закономерности. Если последнее даже в какой-то мере справедливо, то тем не менее едва ли это можно считать достаточным основанием для непризнания приоритета Н. А. Головкинского в фактическом открытии этой закономерности.

В литературе последних лет имеются и другие суждения о принципе Н. А. Головкинского. Так, О. П. Фисуненко [1969] рассматривает его в качестве правила, подчиненного принципу последовательной смены пород в разрезах осадочных напластований, отражающему общий ход поступательного развития земной коры.

Несколько особую позицию в отношении оценки принципа Н. А. Головкинского занял С. В. Мейен [1974б]. Он отмечает, что неодновозрастность литологических границ устанавливается палеонтологическим или иными собственно геологическими методами. В этом С. В. Мейен [1974б, с. 135, 136] видит серьезную методическую ошибку, заключающуюся в том, что исследователи, принимающие «закон Головкинского», «раз и навсегда сводят к минимуму вес литологических признаков» и придают неизменно наивысший вес палеонтологическим признакам. С этим утверждением можно согласиться в том отношении, что весь опыт стратиграфических исследований подтверждает правильность положения о первостепенном значении палеонтологического метода при установлении и прослеживании возрастных границ. Но, конечно, это положение не следует абсолютизировать, сводя геохронологию к биохронологии.

С. В. Мейен справедливо указывает, что вполне мыслимы и действительно наблюдаются случаи, когда литологические границы являются хронологически изохронными, точнее, когда их диахронность не может быть установлена современными методами стратиграфии. В качестве примера он приводит изохронность цинеритовых горизонтов. Можно признать, что действительно в ряде случаев диахронность литологических границ не фиксируется палеонтологическим или какими-либо другими методами и что в практике стратиграфических исследований такие границы признаются изохронными. Однако трудно согласиться с категорическим утверждением С. В. Мейена [1974б, с. 136], что «достаточно одного такого случая, чтобы «закон Головкинского» утратил статус и закона и принципа». Думается, что сказанное относится только к закону, понимаемому как необходимая, не имеющая исключений связь природных

феноменов. Впрочем, отрицая правомерность установления «закона Головкинского», С. В. Мейен признает, что случаев, когда литологические признаки имеют невысокий вес, действительно много, и поэтому предлагает ввести эмпирическое «правило Головкинского». Смысл последнего — предостеречь исследователей, склонных переоценивать литологическое единство как критерий хронологической одновременности. Именно в этом видят и авторы настоящей книги смысл принятия концепции Н. А. Головкинского в качестве одного из ведущих принципов, а не закона стратиграфии.

## 2.7. ПРИНЦИП ФАЦИАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ОДНОВОЗРАСТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (принцип А. Грессли—Э. Реневье)

Одним из важнейших принципов стратиграфии, восполняющих некоторую односторонность принципа В. Смита, чреватую существенными ошибками при излишне прямолинейном его использовании, является принцип фациальной дифференциации одновозрастных отложений. То обстоятельство, что геологически одновременные отложения могут быть в зависимости от условий их образования существенно различными как в отношении литологического состава, так и палеонтологической характеристики, значительно усложняет применение палеонтологического метода при установлении относительного их возраста. Недоучет фациальной изменчивости одновозрастных отложений часто являлся источником ошибочной датировки и корреляции. Поэтому есть все основания рассматривать концепцию фациальных изменений заслуживающей признания в качестве особого принципа, область применения которого, конечно, не ограничивается стратиграфией, а имеет значительно более широкое распространение.

Разнофациальная природа одновозрастных толщ была впервые установлена А. Грессли в результате изучения юрских отложений Швейцарии. Впервые термин «фация» встречается в работе А. Грессли (1836), в которой он используется в разных контекстах, но отсутствует его определение. Последнее можно почерпнуть из более поздней его работы, опубликованной в 1838 г. Ниже приводятся несколько цитат из этого сочинения, дающих представление об авторской трактовке А. Грессли введенного им понятия фация.

«Таким образом, я смог распознать, что в горизонтальном направлении каждая формация испытывает разнообразные хорошо выраженные латеральные изменения, которые характеризуются постоянными особенностями не только петрографического состава, но и палеонтологического характера комплексов ископаемых, изменения которых подчиняются определенным и мало изменчивым законам.

Прежде всего, имеется два главных фактора, повсеместно характеризующие совокупность изменений, которые я называю фациями или обликами

формаций. Первый факт (I) заключается в том, что определенный петрографический характер формации дает основание уверенно предполагать повсеместно, там где она распространена, что свойственный ей палеонтологический комплекс будет одним и тем же. Второй факт (II) заключается в том, что данный палеонтологический комплекс строго исключает присутствие родов и видов, изобилующих в других фациях.

...Я думаю, что изменения как петрографического, так и палеонтологического характера, которые можно наблюдать в горизонтальном распространении формаций, обусловлены различием обстановок и других условий, которые и до настоящего времени оказывают такое решающее влияние на различные роды и виды, населяющие современные моря.

...Из изложенных выше фактов можно вывести закон о том, что каждая фация любой данной формации имеет очень отчетливую характеристику либо петрографическую и геологическую, либо палеонтологическую, являющиеся прямо противоположными особенностями, которые обычно предполагаются обязательно присущими формации, и особенностям других фаций того же геологического уровня.

...Второй закон весьма близок к первому. Он гласит: фации одинакового петрографического и геологического характера имеют весьма сходные палеонтологические особенности в различных формациях и сменяют друг друга, даже пересекая более или менее многочисленные серии выше налегающих формаций» (цит. по Г. Шенку [Schenk, 1961, с. 7, 8]).

Почти через полвека после А. Грессли другой швейцарский геолог Э. Реневье попытался уточнить понятие фация. Он особо подчеркнул значение одновременности как существенного элемента концепции фаціальности. Приводим определение понятия фация, данное Э. Реневье в его работе 1884 г.:

«Термин фация обозначает любые различия, могущие иметь место между формациями одного и того же возраста; эти различия могут проявляться либо в петрографическом составе, будучи обусловлены природой отлагавшихся осадков, либо в палеонтологических особенностях, вызванных прижизненными условиями ископаемых животных и растений.

Фации являются тогда определенно различными типами отложений, осадочных или иных, которые могли образоваться одновременно в каждый данный геологический момент так, как это имеет место в настоящее время. Можно говорить о различных фациях одной формации, так же как говорят о различных типах современных отложений» (цит. по Г. Шенку [Schenk, 1961, с. 9]).

Как видно из приведенных цитат, Э. Реневье, сохраняя первоначальный смысл концепции фаціальности, вкладывавшийся в нее А. Грессли, уточнил и конкретизировал ее. Это позволяет, следуя Г. Шенку, рассматривать концепцию фаціальности неоднородности разновозрастных отложений как один из ведущих принципов стратиграфии, который заслуживает обозначения как принцип Грессли — Реневье. Для характеристики этого принципа может быть предложена следующая краткая формулировка: разновозрастные отложения претерпевают в горизонтальном направлении фаціальные изменения, обуславливающие существенные различия их литологического состава и палеонтологической характеристики.

Значение этого принципа для стратиграфии заключается прежде всего в том, что он предостерегает от излишне прямолинейного понимания принципа палеонтологической параллели-

зации В. Смита, выраженной в популярной формулировке: «отложения, содержащие одинаковую фауну или флору, геологически разновозрастны». Более общее значение принципа фаціальности заключается, по И. В. Крутю [1974, с. 39], в том, что им «была поколеблена абсолютизация «горизонтального направления» геологического пространства. Оказалось, что состав примерно разновозрастного геологического тела — пласта, слоя, формации — изменяется и в горизонтальном направлении, и по вертикали. По существу, была установлена частная относительность геологического пространства и времени, согласно которой геологическое время является атрибутивным отношением и свойством геологических тел, но не функцией их состава, как это вытекало из вернерианской стратиграфии».

## 2.8. ПРИНЦИП БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ И КОРРЕЛЯЦИИ (принцип В. Смита)

По признанию большинства историков геологии, биостратиграфия или, точнее, использование палеонтологического метода в стратиграфии ведет свое начало от исследований В. Смита, результаты которых были опубликованы в двух его основных сочинениях: «Слон, распознаваемые по органическим ископаемым» [Smith, 1816] и «Стратиграфическая система органических ископаемых» [Smith, 1817]. В этих работах изложен и принцип, лежащий в основе предложенного им метода. Краткость и не всегда достаточная четкость первоначальных формулировок В. Смита явились источником расхождений между отдельными исследователями при попытках их истолкования. Возникли и значительные противоречия в оценке В. Смита как биостратиграфа.

В связи с этим мы считаем полезным начать рассмотрение этого принципа с приведения довольно пространной цитаты из основного сочинения В. Смита «Стратиграфическая система органических ископаемых» [Smith, 1817]. Думается, что по ней читатель сможет составить собственное представление о сущности, значении и принципиальных основах метода В. Смита в понимании его автора.

«Мой метод распределения ископаемых соответственно слоям, их содержащим, уже давно был признан всеми, кому были сообщены мои первые открытия. Лица, знающие его, смогут при помощи этой работы внести значительное усовершенствование в своих коллекциях, которое им сейчас предлагается. В нем с наибольшей пользой сочетается послойное и систематическое распределение (ископаемых). Все местонахождения каждого вида в каждом слое перечислены в порядке последовательности их залегания, что показывает, как образцы ископаемых, будучи правильно размещены, могут использоваться для распознавания „слоев“. Мой оригинальный метод прослеживания слоев при помощи органических ископаемых, заключенных в них, таким образом доведен до степени простоты, делающей нетрудным его изучение. Со времен первого письменного отчета об этом открытии, который был разослан в 1799 г., он тщательно изучался моими научными коллегами

в окрестностях Бата. Некоторые из них отыскивают выходы различных слоев в этом районе с такой уверенностью обнаружения в соответствующих горных породах характерных для них ископаемых, как если бы они находились на полках их коллекционных шкафов...

Эта особая отрасль геологии (стратиграфия,— Д. С.) уже доказала, что большая часть земной поверхности кишела живыми существами и что животные и растения, так хорошо сохранившиеся в твердых частях внутренности Земли, настолько существенно отличаются от ныне существующих, что они могут рассматриваться как новое творение или, скорее, как еще неоткрытая часть старого творения. Они являются главным образом морскими (организмами,— Д. С.), и поскольку они вообще отличаются от нынешних обитателей моря, то в отдельные периоды формирования Земли они также сильно отличались друг от друга, настолько, что каждый слой этих ископаемых органических тел должен рассматриваться как отдельный акт творения. Иначе, как же Земля могла бы формироваться *Stratum super Stratum* (слой над слоем,— Д. С.), причем каждый из этих слоев содержит в изобилии различные расы животных и растений. Несомненно, что эти бесчисленные хорошо сохранившиеся органические ископаемые не являются результатами игры природы, помещенными туда для того, чтобы возбуждать праздное любопытство, но что они должны, как и другие произведения Великого Творца, иметь свое назначение. Шахтер давно распознавал таким образом положение своих отдельных выработок в шахтах, так почему же не должны делать то же самое, но более обстоятельно ученые, землевладельцы, рабочие в каменоломнях и каменотесы? В результате моих трудов установлен для этого метод, и поэтому распознавание слоев при помощи органических ископаемых становится одним из наиболее важных новейших открытий геологии. Оно дает возможность геологу отчетливо отличать один слой от другого не только на Британских островах, но также проследивать их связь с теми же слоями на континенте. Таким образом, этот метод пригоден как для самого широкого, так и узко локального использования.

Насколько эти факты могут привести к созданию некоей теории, способной претендовать на установление относительного возраста слоев по нахождению или отсутствию органических ископаемых, могут определить другие.

Термин „органические ископаемые“ (*organized fossils*) вообще применяется ко всем ископаемым материям, которые относятся к любой форме органических тел, как животных, так и растений. Эти субстанции называются также „ископаемые“, „окаменелости“ и „органические остатки“.

В той же работе В. Смита, из которой взята приведенная цитата, имеется и краткая формулировка его принципа, получившая наибольшую известность: «Сходные слои содержат сходные ископаемые» (*Similar strata contain similar fossils*). Эта первоначальная краткая формулировка принципа В. Смита в интерпретации последующих авторов претерпевала подчас довольно значительную трансформацию. Наиболее близко передает первоначальный смысл краткого определения В. Смита формулировка, принятая А. Н. Криштофовичем [1948]: «Отложения одинакового возраста содержат одинаковую фауну или флору». Приведя это определение, А. Н. Криштофович [1948, с. 165, 166] отметил, что «основной принцип стратиграфии... в самом своем существе ошибочен, если понимать это положение буквально».

Л. Л. Халфин [1960б, в] обращается к принципу В. Смита, называемому им «принципом биостратиграфической параллелизации», для которого принимает следующую краткую форму-

лировку: «отложения, содержащие одинаковую фауну (флору), геологически одновозрастны». В более поздней своей работе Л. Л. Халфин [1977, с. 224] возвращается к принципу В. Смита, отмечая, что его истинность доказана всем развитием палеонтологии и почти двухсотлетней геологической практикой. Одновременно он подвергает суровой критике приведенное выше высказывание о принципе В. Смита А. Н. Криштофовича и считает, что принятая последним краткая формулировка этого принципа «одновозрастные фауны одинаковы» представляет собой «простое обращение общеутвердительного суждения», каким является предложенная Л. Л. Халфиным «схематизированная формулировка принципа Смита», гласящая: «одинаковые фауны одновозрастны». Ложность суждения «одновозрастные фауны одинаковы» Л. Л. Халфин [1977, с. 221, 222] считает очевидной и на этом основании обвиняет А. Н. Криштофовича в совершении над принципом В. Смита в целях его ниспровержения «запрещенной логикой операции».

При всей строгой логичности рассуждений Л. Л. Халфина в них имеется один существенный уязвимый момент. Дело в том, что если обратиться к приведенной выше краткой формулировке биостратиграфического принципа, данной самим В. Смитом и гласящей: «сходные (по стратиграфическому положению,— Д. С.) слои содержат одинаковые ископаемые», то нетрудно видеть, что по смыслу она ближе к определению, принятому и критикуемому А. Н. Криштофовичем («одновозрастные фауны одинаковы»), чем к формулировке, предлагаемой Л. Л. Халфиным («одинаковые фауны одновозрастны»).

Следует подчеркнуть, однако, что из формулировки В. Смита «сходные слои содержат сходные ископаемые» неясно, вкладывал ли он в понятие «сходные слои» представление об их одновозрастности. Вероятно, основываясь на этом, некоторые авторы предпочитают более осторожное определение принципа В. Смита. Так, А. Вудворд и Г. Шенк дают такую его формулировку: «слои можно различать по их характерным ископаемым» [Schenk, 1961]. Однако такое толкование принципа В. Смита как исходной концепции биостратиграфии является односторонним, отражающим лишь возможность использования палеонтологических данных для расчленения разрезов. Между тем в приведенной выше цитате из В. Смита, содержащей развернутую характеристику сущности и оценку его метода, мы находим прямое указание на возможность использования его для корреляции отдаленных разрезов. Это позволило Д. Л. Степанову [1967] назвать принцип В. Смита «принципом биостратиграфического расчленения и корреляции», предложив для него следующую формулировку: отложения можно различать и сопоставлять по заключенным в них ископаемым.

Существенно отличную от точки зрения большинства авторов оценку заслуг В. Смита как одного из создателей пале-

онтологического метода в стратиграфии дает Г. П. Леонов [1973]. Он высказывает сомнение в справедливости широко распространенного мнения о В. Смите как об основоположнике этого метода и тем более как основоположнике биостратиграфии. Он полагает, что В. Смит рассматривал остатки организмов не как зоологические и ботанические объекты, а лишь как характерные признаки картируемых отложений. Этот вывод перекликается с мнением Г. Шенка [Schenk, 1961, с. 6] о том, что ископаемые являлись для В. Смита не руководящими формами, характеризующими определенный временной интервал, а лишь маркирующими признаками отложений, наравне с их цветом и пр. С этим, однако, трудно согласиться: Из приведенного выше отрывка из основной работы В. Смита видно, что он рассматривал ископаемые фаунистические и флористические комплексы отдельных слоев как результат повторных творческих актов, а в заключительной части цитаты прямо говорится о вероятности применимости палеонтологического метода для установления относительного возраста вмещающих отложений. Следует также отметить, что Г. Шенк в цитируемой работе считает ошибочным ранее высказанное им мнение о том, что В. Смит якобы не обладал палеонтологическими знаниями.

Г. П. Леонов [1973, с. 170] говорит также о том, что в ходе исследований В. Смита не последовательность слоев устанавливалась при помощи ископаемых, а наоборот, различие комплексов ископаемых отдельных слоев выявлялось путем установления их последовательности методом геологического картирования. Это мнение, возможно, справедливо в отношении начального этапа исследований В. Смита. Однако это обстоятельство едва ли снижает значение сделанного В. Смитом открытия как принципиальной основы палеонтологического метода в стратиграфии.

В отличие от Г. П. Леонова И. В. Круть [1973] признает В. Смита основоположником биостратиграфии, высказывая при этом интересную мысль о том, что последняя подготовила решающие данные для эволюционизма в геологии и биологии. В качестве авторской формулировки биостратиграфического принципа И. В. Круть [1973, с. 29] приводит следующее положение из одной из ранних работ В. Смита, которая цитируется им по М. Неймару: «все пласты последовательно осаждались на дне моря и каждый из них содержит в себе остатки организмов, которые жили \* во время его образования; в каждом пласте наблюдаются свои собственные окаменелости, и по ним-то в известных случаях можно установить одновременность образования пород различных местностей».

С. В. Мейен [1974а], по-видимому, не принимает принципа В. Смита, он не упоминает о нем в своей работе, но зато вводит

\* В этом месте в тексте цитаты, приводимой И. В. Крутем, по-видимому, ошибочно вместо «жили» напечатано «гнили».

понятие о «принципе Гексли». Не давая четкой формулировки этого принципа, С. В. Мейен [1974а, с. 20] указывает лишь, что в первоначальной трактовке последний «касался преимущественно сопоставления одинаковых последовательностей фаунистических комплексов». Широко известную концепцию Т. Гексли о возможной асинхронности гомотаксальных фаун С. В. Мейен рассматривает в качестве «постулата Гексли», противоречащего «принципу Гексли». Поскольку проблема гомотаксальности и синхроничности рассматривается в другом разделе этой книги, мы не будем здесь останавливаться на «постулате Гексли». Что же касается «принципа Гексли», то недостаточно четкое его определение, данное С. В. Мейеном, не позволяет усмотреть в нем таких существенных отличий от принципа В. Смита, которые могли бы явиться основанием для замены им последнего.

В более поздних сводках по общей стратиграфии Ю. В. Тесленко [1976] и Т. Николова [1977], мы находим безоговорочное признание В. Смита основоположником биостратиграфии и высокую оценку его принципа. Из нашего далекого от полноты обзора достаточно очевидно противоречивое отношение отдельных исследователей к принципу В. Смита и к оценке его роли в развитии биостратиграфии.

Авторы настоящей книги разделяют мнение исследователей, рассматривающих В. Смита как одного из основоположников стратиграфии, и в частности биостратиграфии, а его концепцию достойной признания в качестве руководящего принципа последней. Для этого принципа может быть принято приведенное выше название «принцип биостратиграфического расчленения и корреляции» и сохранена при этом следующая краткая его формулировка: отложения можно различать и сопоставлять по заключенным в них ископаемым.

## 2.9. ПРИНЦИП ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОЙ СУКЦЕССИИ (принцип Жиро Сулави — В. Смита)

В тесной связи с выше рассмотренным принципом В. Смита находится иногда даже объединяемое с ним положение о различии комплексов ископаемых разновозрастных отложений, последовательно сменяющих друг друга. В какой-то мере это положение действительно отражено в приведенных высказываниях В. Смита о формировании Земли слой за слоем и соответственно о многократных актах творения животных и растений, объясняющих различие комплексов окаменелостей различных слоев. Однако еще за два десятилетия до первого сообщения В. Смита о результатах его исследований на Британских островах во Франции в 1880 г. был опубликован текст доклада аббата Жиро Сулави «Естественная история Южной Франции», прочитанного им в 1779 г. в Королевской академии наук. Для

наших целей главный интерес представляет глава VIII этого сочинения, основные выводы которой были изложены Жиро Сулави в следующих словах:

«Залегание друг над другом различных известняковых толщ; их последовательное формирование под водами океана. Эпохи различных ископаемых соответствуют слоям, которые их содержат. Первый век: царство раковин (моллюсков, — Д. С.), которые не живут сейчас. Второй век: царство предыдущих раковин (моллюсков) и некоторых других с подобными ныне живущим формами. Третий век: царство моллюсков, исключительно ныне живущих в наших морях. Четвертый век: царство рыб и растений, известных ныне. Пятый век: окаменелые деревья, гравий, кости ископаемых животных и пр.» В заключение последующего рассмотрения палеонтологической характеристики первых трех из перечисленных «царств» говорится: «Мы видим теперь, что хронологический порядок этих трех различных царств согласуется с последовательностью залегания и сравнительным возрастом каждого слоя».

По мнению Г. Шенка [Schenck, 1961], из работы которого заимствованы приведенные цитаты, эти высказывания Жиро Сулави наводят на мысль о признании им того, что мы называем сейчас эволюцией органического мира. Во всяком случае несомненно, что Жиро Сулави четко охарактеризовал последовательную смену в разрезе комплексов остатков организмов, соответствующих хронологической последовательности отдельных установленных им этапов развития («царств») органического мира. Ряд исследователей рассматривает концепцию Жиро Сулави в качестве фундаментального принципа или закона стратиграфии (Закона палеонтологической сукцессии). Поскольку В. Смит подошел в своих исследованиях к близким выводам, по-видимому, независимо от Жиро Сулави, будет справедливо обозначать принцип последовательной смены комплексов ископаемых или палеонтологической сукцессии как принцип Жиро Сулави — В. Смита. Этот принцип, как уже отмечалось, тесно связан с основным принципом В. Смита и дополняет его более отчетливо выраженным историческим подходом к объяснению различий комплексов ископаемых из отложений, занимающих различное положение в разрезе.

В качестве краткого определения сущности принципа палеонтологической сукцессии можно принять следующую формулировку, предложенную Дж. Энтони [Anthony, 1955]: ископаемые фауны и флоры следуют друг за другом в определенном, могущем быть выясненным порядке.

### 3

#### ВРЕМЯ В СТРАТИГРАФИИ

Проблема времени в геологии, как и в любой исторической науке, занимает центральное место. В стратиграфии же время вообще выступает в качестве основного организующего начала, так как все стратиграфические выводы имеют смысл лишь постольку, поскольку они решают вопрос об одновременности или последовательности геологических событий, приводящих, в частности, к образованию или необразованию осадочных толщ. Неудивительно поэтому, что проблема времени уже более ста лет обсуждается стратиграфами и интерес к ней все более возрастает [Красилов В. А., 1974, 1977а, б; Круть И. В., 1973; Мейен С. В., 1974а, б; Симакон К. В., 1974, 1975; Соколов Б. С., 1971; Ager, 1973; Harrington, 1965; Schindewolf, 1970; Shaw, 1964; Teichert, 1950, 1958 и др.].

Несмотря на значительные расхождения в понимании времени, свойственные различным философским школам и находящие свое отражение в часто стихийно формирующемся мировоззрении естествоиспытателей, большинство стратиграфов сегодня сходятся в отрицании ньютонова «абсолютного времени»\* и рассматривает его как «существенное свойство Вселенной» [Уитроу Дж., 1964] или как «атрибут всех известных материальных объектов» [Круть В. И., 1973]. В этом смысле можно говорить о едином времени.

С другой стороны, в естественных науках проблема времени неразделима с проблемой его измерения, т. е. с выбором и градуировкой системы пространственно-временных координат. В этом случае правомерно специальное рассмотрение геологического времени, которое имеет свои координаты и свою метрику.

\* Абсолютное время по Н. Ньютоу «само по себе и по своей сущности без всякого отношения к чему-либо внешнему протекает равномерно и иначе называется длительностью» (цит. по Дж. Уитроу [1964, с. 47—48]). Абсолютное время, таким образом, не связано ни с пространством, ни с какими-либо процессами. В релятивистской физике, использующей пространственно-временной континуум Г. Минковского, А. Эйнштейн ввел понятия собственного, локального и универсального времени. Собственное время — это временные соотношения между событиями, происходящими только в данной системе отсчета, локальное время устанавливается в каждой движущейся системе, универсальное время представляет собой искусственную шкалу отсчета, применяемую для сравнения процессов в отдельных системах.

Цель измерения геологического времени заключается в выяснении последовательности геологических событий. Определение момента, продолжительности и последовательности событий геологического прошлого Земли возможно лишь путем установления порядка напластования и взаимоотношений геологических тел, составляющих литосферу. Поставленные цели и пути их возможной реализации определяют основное требование к шкале геологического времени: ее деления должны быть индивидуализированы, узнаваемы и достаточно определенно отличимы одно от другого. Действительно, предположим, например, что вся осадочная оболочка в каком-то районе сложена толщей песков, причем доказано непрерывное и равномерное во времени накопление этих песков. Тогда весь разрез может быть поделен на равные отрезки, накопление которых происходило в течение фиксированных временных интервалов, т. е. наша шкала будет составлена единицами, позволяющими непосредственно увязывать седиментацию и время, как это предлагал А. Фишер [Fischer, 1969], вводя единицу «бубнов». Нетрудно убедиться, однако, что, используя эту шкалу, невозможно сопоставить любые два разреза нашей гипотетической толщи, если только заранее не задана какая-то маркирующая поверхность (что в нашем случае не может быть), так как никакие собственных признаков, достаточных для опознания, выделенные нами интервалы не имеют.

Приведенный пример объясняет, в частности, почему нельзя рассчитывать на замену обычных стратиграфических методов сопоставления разрезов радиологическими датировками, хотя надежды на такую замену неоднократно высказывались в геологической литературе. Даже при максимальном усовершенствовании аналитической техники, которое сведет к минимуму значения погрешностей и даст возможность использования для радиологической хронометрии любых пород, геологи будут получать значения возраста, не связанные с историей формирования анализируемых толщ. Если в двух разрезах получены, например, датировки соответственно 64 и 65 млн. лет, то сами по себе они ничего не дают для сопоставления этих разрезов, так как в зависимости от темпов седиментации и характера обстановок осадконакопления датированные образцы могут принадлежать либо к одному, либо к разным (причем в нашем примере к принципиально разным — мезозой или кайнозой!) стратонам.

Таким образом, и само понимание времени, неотделимое от процесса, и цели стратиграфии заставляют нас устанавливать прежде всего последовательность событий, следы которых в той или иной форме фиксируются в разрезах. Иначе говоря, задача измерения геологического времени сводится к определению хронологической последовательности геологических событий. Геологические события, однако, достаточно разнообразны и мо-

гут принадлежать к разным системам, в известных пределах независимым. Тектоническое развитие Земли, эволюция осадконакопления могут быть примерами процессов, происходящих в таких системах. Наконец, особую систему составляет органический мир. Как показал К. В. Симаков [1974], для всех этих систем могут быть предложены свои пространственно-временные координаты, в общем случае не совпадающие между собой. Следовательно, возникает необходимость сопоставления этих координат с помощью одной привилегированной системы отсчета геологического времени, т. е. (применительно к геологической истории Земли) выбора этой системы в качестве универсальной временной шкалы. Как мы уже отмечали, по своему содержанию это будет хронологическая шкала. Естественно, используя хронологическую шкалу, мы приходим к измерению относительного времени, которое определяется по соотношению выбранных геологических событий.

В то же время для уяснения динамики геологических процессов чрезвычайно важно располагать данными о продолжительности отдельных отрезков геохронологической шкалы. Следовательно, возникает необходимость в хронометрии, т. е. в измерении продолжительности (и датировке границ) подразделений геохронологической шкалы в условных абсолютных единицах. Наиболее мощным инструментом хронометрии являются методы радиологической датировки, без которых, несмотря на многочисленные претензии к ним, невозможно было бы составить объективное представление о длительности всех используемых ныне геохронологических подразделений. Разумеется, точность получаемых значений нельзя абсолютизировать, причем не только с точки зрения аналитических недочетов метода, но и потому, что основная единица хронометрии — год — берется в современном его значении. Между тем продолжительность года, как и число суток в году, в течение геологической истории Земли могла меняться. В частности, в отношении изменения количества суток в году геология уже располагает некоторыми данными. Дж. Уэллс [Wells, 1963], изучая палеозойские кораллы, обнаружил у них иное по сравнению с современным число суточных линий роста, что позволило ему предложить график изменения количества суток в году в течение фанерозоя (табл. 3.1).

На численности хронологической шкалы позволяет определять как последовательность, так и одновременность событий. Однако если понятие последовательности, благодаря возможности эмпирического ее определения (закон Н. Стенона), не вызывает каких-либо существенных трудностей, то одновременность геологических событий устанавливается значительно сложнее. В. А. Красилов [1974, с. 13] заметил, что «события считаются одновременными, если их невозможно расположить в порядке до — после». Легко заметить, что это остроумное (одновремен-

ность выступает в качестве своего рода нулевой последовательности) определение исходит из существования заранее заданной непрерывной последовательности. На практике мы очень часто убеждаемся, однако, что, казалось бы, непрерывные последовательности заключают на самом деле большие hiatus. Поэтому невозможность расположения событий в отношении до — после является необходимым, но недостаточным условием определения одновременности.

Таблица 3.1

Изменение количества суток в году в фанерозе  
(по Дж. Уэллсу [Wells, 1963])

Период	Начало, млн. лет назад	Количество суток в году
Кембрий	570	421
Ордовик	500	412
Силур	435	405
Девон	395	401
Карбон	345	396
Пермь	280	390
Триас	225	385
Юра	195	382
Мел	136	377
Палеоген	65	371

Более универсальную формулировку предложил С. В. Мейен [1974а, с. 22]: «Одновременность в хронологии это соответствие, сопоставимость, тождественность по тем признакам... на которых основана сама хронологическая шкала». Это определение точно описывает процедуру установления одновременности, но в нем отсутствует представление о масштабе, часто являющемся основным в геологической практике. Так, например, предположим, что в определенном регионе описано два разреза, один из которых содержит всю последовательность зон турона и сеиомана, а другой включает лишь нижнюю зону сеиомана. Одновременны ли отложения, вскрытые этими разрезами? Очевидно, ответ на этот вопрос определяется степенью детальности проводимых работ (см. 5.2.6). Поэтому одновременность можно определить как соответствие геологических событий по тем признакам, на которых основана геохронологическая шкала, в пределах заранее заданной точности измерения.

Как уже отмечалось, в качестве хронологической шкалы мы вынуждены использовать последовательность событий в одной из рассматриваемых систем. Очевидно, что последовательность событий в этой привилегированной системе должна быть достаточно продолжительной для того, чтобы с ней могли быть сопоставлены события, происходившие в других системах, что

эти события должны иметь всеобщее в пределах Земли проявление и быть относительно независимыми от влияния других систем [Симаков К. В., 1974].

Несмотря на то что принципиально любая система может быть использована в качестве привилегированной, введение указанных ограничений существенно сокращает возможность выбора. Действительно, нам не известен, по крайней мере в форме, пригодной для практического использования, ни один геологический процесс, который обладал бы относительно одновременным проявлением в пределах всей или хотя бы большей части поверхности Земли. Кроме того, использование геологических систем для хронологической шкалы, основное назначение которой как раз и состоит в регистрации геологических событий, всегда включает опасность определения по кругу. Так, например, мы можем воспользоваться прежним определением границы палеозоя и мезозоя по завершению герцинской складчатости и в то же время должны датировать завершение этой складчатости концом палеозоя.

Поэтому выбор для маркировки геохронологической шкалы развития органического мира (биологические часы) явился не только целесообразным, но и, как мы видим, логически мотивированным. Развитие жизни на Земле имеет глобальное проявление. Несмотря на тесную связь с абиотической средой и ее изменением во времени, зависимость эволюции органического мира от внешних, в том числе и от геологических, процессов в общем нелинейна и, кроме того, не исключает автономных аспектов развития биологических систем. Наконец, выбор для маркировки биологических часов немногих ортостратиграфических групп, как правило относительно независимых от фаций, позволяет еще более абстрагировать биохронологию от конкретных геологических событий, регистрируемых с ее помощью. Наибольшие затруднения вызывает ограниченность использования биохронологической шкалы во времени: она применима только для фанерозоя (до конца плиоцена) и, как теперь ясно, для позднего протерозоя. Невозможность использования этой шкалы для более древних эонов и ее ограниченные возможности в отношении четвертичных отложений заставляют многих стратиграфов проявлять скепсис в отношении биологических часов.

В настоящее время, однако, они обеспечивают выполнение всех временных корреляций на большей части планеты и практически почти для всего изучаемого разреза, причем трезвая оценка перспектив развития геохронологии не позволяет увидеть какого-либо альтернативного метода. Поэтому мы не видим оснований для отказа от того, чтобы придавать особое значение биологической основе шкалы геологического времени.

Рассмотрим теперь некоторые характерные особенности геохронологической шкалы. Прежде всего необходимо отметить

неправомомерность ее делений. Сопоставление данных хронологии и хронометрии показывает существенно различную продолжительность периодов и эр. Так, например, силур оказывается почти вдвое короче девона, а продолжительность триаса в полтора раза меньше продолжительности юры; наконец, весь мезозой более чем в два раза уступает по продолжительности палеозою. Наряду с неравномерностью маркировки геохронологической шкалы фиксируется и неравномерное во времени проявление крупных геологических событий, например эпох складчатости или смены геологических циклов. Однако если для эпох диастрофизма характерно постепенное их сближение во времени (С. Н. Бубнов), а продолжительность геологических циклов постепенно сокращается (В. Д. Наливкин), то закономерных изменений продолжительности геохронологических подразделений мы не замечаем, что, кстати, может рассматриваться в качестве показателя определенной независимости геохронологической шкалы.

Другую особенность геохронологической шкалы составляет ее физическая дискретность. В настоящее время идея Дж. Баррелла о том, что уже начиная с кембрия осадочный покров формировался главным образом за счет перемиыва осадочных же толщ, получает все больше подтверждений. Более того, начало этого качественно нового этапа формирования осадочных пород, видимо, следует датировать не кембрием, а рифеем. Следовательно, значительную часть истории Земли ее осадочная оболочка представляет собой особую замкнутую систему, внутри которой происходит непрерывное перераспределение материала. Вследствие этого можно полагать, что в принципе невозможно существование разрезов, в которых бы был зафиксирован без перерывов процесс осадконакопления в течение более или менее продолжительного отрезка геологического времени. Таким образом, каждое подразделение геохронологической шкалы документировано в разрезах лишь частью, притом, возможно, незначительной, осадков, которые первоначально накопились в течение соответствующего временного интервала.

О. Шиндевольф, полемизируя с Г. Рихтером-Бернбургом, отстаивал представление об относительной непрерывности осадконакопления, и во всяком случае о том, что современные геологи значительно преувеличивают значение перерывов. В частности, он полагал, что если мы имеем в конкретных разрезах девона или юры от 20 до 60 последовательных зон, то это обстоятельство несовместимо с тезисом, что первоначальная мощность слоев была в 20 или даже 40 раз больше, так как в этом случае мы имели бы соответственно одну или две зоны. Ошибочность этого доказательства заключается в том, что О. Шиндевольф оперирует мощностями систем или отделов — целом, в то время как процесс перемиыва осадков сопутст-

вует седиментации и, таким образом, происходит не суммарно для периода или эпохи, а проявляется на всех хронологических уровнях, в частности в течение любого зонального момента\*. Многочисленные примеры убедительно подтверждают это положение.

Так, Д. Эгер [Ager, 1973] указывает, что в двух разрезах нижней юры Дорсета, расположенных в 20 милях друг от друга, происходит изменение мощности одиннадцати последовательно залегающих зон в 12 раз при полном сохранении их порядка и количества. Таким образом, бытующее среди геологов представление о том, что время «овеществлено в осадке», вообще говоря, неточно. Ниже мы более подробно остановимся на этой проблеме (см. 4.3), здесь же следует лишь отметить, что наличие непрерывной (в пределах точности измерения) шкалы геологического времени позволяет датировать в отдельных регионах не только толщи пород, но и разделяющие их перерывы, которые, естественно, не представлены в разрезе и, следовательно, не овеществлены [Соколов Б. С., 1971].

Все сказанное позволяет подойти к физическому определению наименьшего подразделения геохронологической шкалы — зонального момента (хрона), являющегося естественной основой для разграничения и определения объемов всех более крупных подразделений. Представление о том, что продолжительность формирования стратона пропорциональна размерам его ареала, является геологическим трюизмом. То, что системы распространены шире, чем отделы, а ярусы шире, чем зоны, общеизвестно. Подразделения зональной группы (зоны и подзоны) обычно рассматриваются в качестве предельных хроностратиграфических подразделений потому, что они основаны на видах — элементарных биологических таксонах — и что биология, следовательно, не дает инструмента для более тонких и в то же время достаточно определенных разграничений смены во времени растительных и животных организмов.

Однако к проблеме элементарного хронологического подразделения можно подойти и с других позиций. Возможно, зона представляет собой слои, сформировавшиеся в течение того минимального по продолжительности временного интервала, для которого еще сохраняется вероятность (в условиях отмеченной выше динамики осадконакопления) быть распространенным на относительно значительной территории, тогда как слои, образовавшиеся в течение более коротких интервалов геологического времени, имеют настолько ограниченные ареалы, что их объективная систематизация во временной последовательности становится невозможной, поскольку время, зафиксированное в осадке, становится несопоставимым со вре-

\* Нетрудно увидеть в этих аргументах О. Шиндевольфа зеркальное отражение знаменитой апории Зенона об Ахиллесе и черепахе.

менем перерывов. Так, например, по данным изучения некоторых континентальных или лагунных толщ скорость осадконакопления составляла несколько десятков сантиметров в год. Образование всей толщи, представленной в современном разрезе мощностью 500 м, длилось, следовательно, несколько тысяч лет. В то же время эта толща в платформенных условиях, грубо говоря, соответствует отделу и общая продолжительность ее формирования (разумеется, с учетом перерывов) составляет несколько десятков миллионов лет. Таким образом, в разрезе фиксируется лишь 1/1000 времени, и поэтому поиски временных аналогов отдельных слоев в этом хаосе обычно являются нереальными.

Несмотря на дискретность физической основы хронологической шкалы, наше сознание вследствие естественного восприятия временного континуума без всякого усилия рассматривает геохронологическую шкалу в качестве непрерывной. Датировки, полученные для части изученного интервала, естественно, экстраполируются на весь интервал, а перерывы, длительность которых ниже предельной точности измерения, не учитываются. Только благодаря такому восприятию геологического времени становится возможным построение геохронологической шкалы. Следует лишь помнить, что все единицы этого временного континуума составлены как фиксируемыми следами событий, так и нефиксируемыми перерывами и, таким образом, являются результатом наших экстраполяций, или, по определению К. В. Симакова [1974, с. 82], «понятие геологическое время является среднестатистическим».

## 4

### НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЛИТОЛОГИИ СЕДИМЕНТОЛОГИИ

Объектом стратиграфии являются толщи слоистых, главным образом осадочных, пород. В сущности, все стратиграфические исследования сводятся к выявлению пространственно-временных соотношений слоистых толщ, слагающих литосферу, а применительно к какому-либо отдельному региону — и к выявлению возможно большего числа деталей строения осадочных и вулканогенных серий, развитых в этом регионе. С другой стороны, сами особенности строения осадочных толщ (их литологический состав, минеральная характеристика, цвет, текстура и порядок чередования пород в разрезе и т. п.) широко используются геологами при выделении и прослеживании тех или иных региональных стратиграфических подразделений.

Таким образом, вещественный состав пород и условия их образования всегда находятся в поле зрения стратиграфа. Не случайно поэтому все крупные американские пособия по стратиграфии [Weller, 1960; Dunbar, Rodgers, 1957; Krumbein, Sloss, 1951; Eicher, 1971] включают, по сути дела, полный курс литологии и учения о фациях, составляющий подчас до 2/3 их объема. Мы полагаем все же, что литология и учение о фациях представляют собой особые геологические дисциплины, вполне самостоятельные, несмотря на свою очень тесную связь со стратиграфией. Ряд превосходных руководств [Рухин Л. Б., 1953, 1969, 1962; Страхов Н. М., 1960, 1963; Швецов М. С., 1958; Наливкин Д. В., 1956; Pettijhon, 1957; Milner, 1962 и др.] избавляет от необходимости излагать основы этих дисциплин в специальном курсе стратиграфии. Вместе с тем некоторые их общие положения, оказывающие непосредственное влияние на практику стратиграфических исследований, целесообразно предпослать рассмотрению отдельных методов стратиграфии. К таким положениям литологии и седиментологии, способствующим более ясному, обоснованному и, следовательно, однозначному подходу к расчленению и сопоставлению разрезов, относятся данные о внутренних свойствах осадочных пород (составе, текстуре и т. п.) и об особенностях их накопления (характер седиментации во времени, перерывы, форма тел различных типов осадочных пород, фации и формации).

#### 4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Несмотря на то что геологи всех стран широко используют в своей практике такие термины, как известняки, пески, глины и т. п., и более или менее однозначно их понимают, общепринятой классификации осадочных пород до сих пор не существует. Это обстоятельство в первую очередь определяется разнообразием критериев, которые должны быть учтены при классификации осадочных пород. Действительно, существуют классификации, основанные на составе пород, их происхождении, способе отложения, степени уплотнения, структурных и текстурных особенностях и т. д. Существенной особенностью осадочных пород является то, что по главнейшим своим параметрам — минеральному и химическому составу и структуре — они, как правило, не образуют обособленные классы, но, напротив, являются смесью компонентов различных по своему составу и granulometрии.

В отечественной литературе, как это было предложено М. С. Швецовым, выделяются три основные группы осадочных пород: обломочные (включая пирокластические), глинистые и химические (включая органогенные). Американские литологи, вслед за А. Грэбо, присоединяют глинистые породы к обломочным и различают кластические (экзогенные) и некластические (эндогенные) породы.

Для классификации обломочных и глинистых пород большое значение имеют размеры обломков и глинистых частиц, а также минеральный состав, и прежде всего соотношение зерен

Таблица 4.1

Структурная классификация обломочных и глинистых пород  
[Рухин, Л. Б., 1969]

Породы	Размер частиц, мм	Породы	Размер частиц, мм
Глыбы	>1000	Пески:	1—2
Валуны:		грубые	0,5—1
крупные	500—1000	крупные	0,25—0,5
средние	250—500	средние	0,1—0,25
мелкие	100—250	мелкие	0,05—0,1
Гальки:		тонкие	
крупные	50—100	Алевриты:	0,01—0,05
средние	25—50	крупные	0,005—0,01
мелкие	10—25	мелкие	
Гравий:		Глины:	0,001—0,005
крупный	5—10	крупные	0,0002—0,001
мелкий	2—5	мелкие	<0,0002
		коллоидные	

кварца, полевых шпатов и обломков пород. В табл. 4.1 приведена классификация обломочных и глинистых пород по размерам зерен, предложенная Л. Б. Рухиным и Н. Б. Вассоевичем.

По соотношению зерен кварца, полевых шпатов и обломков пород среди кластических пород могут быть выделены кварцевые пески (до 5% примесей полевых шпатов и обломков пород), аркозы (до 5% обломков пород), граувакки (до 5% кварца). Разумеется, между этими крайними типами существуют все промежуточные разности.

Пирокластические породы разделяются на три основные группы: туфы и туфобрекчии, в которых вулканическим материалом сложен и цемент и обломки; туффиты, содержащие более 50% вулканогенного материала, и, наконец, туфогенно-осадочные породы, в которых преобладает осадочный материал.

Химические осадочные породы по своему составу могут быть разделены на ряд групп, показанных в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Схема классификации пород химического и органического происхождения  
(по Л. Б. Рухину [1969], с упрощениями)

Группы пород	Основные типы пород
Углистые Аллитовые Железистые Марганцовистые Кремнистые	Угли, горючие сланцы Латериты, бокситы Окисные и сернистые породы, сидериты Окисные и карбонатные породы Диатомиты, трепелы, спонголиты, кремни, яшмы, кремнистые сланцы
Фосфоритовые Карбонатные Соляные	Фосфориты Известняки, доломиты, мергели Гипсы, ангидриты, каменная соль, калийно-магnezальные породы

В основу приведенных классификаций положено рассмотрение какого-либо одного признака. Они применимы к однокомпонентным породам.

Учитывая, что обычно любая осадочная порода представляет собой смесь нескольких компонентов, Ф. Петтиджон [Pet-tijohn, 1957] предложил «главный тетраэдр состава», наилучшим образом позволяющий оценить состав различных осадочных пород. Однокомпонентные породы (содержащие не более 5% примесей) располагаются в вершинах этого тетраэдра (рис. 4.1), отвечающих кварцевым пескам, глинам, известнякам и кремнеземистым осадкам, двухкомпонентные породы помещаются на его ребрах, трехкомпонентные — на гранях и, наконец, породы, состоящие из четырех компонентов, будут

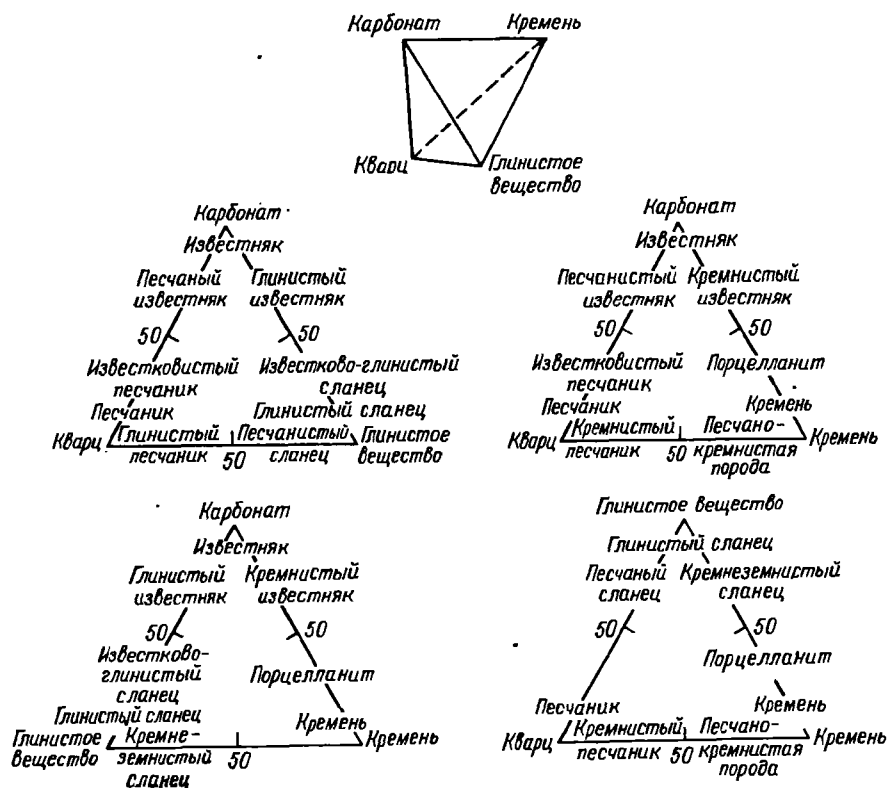


Рис. 4.1. Главный тетраэдр состава и интерпретация его граней (по В. Крумбейну и Л. Слоссу [Krumbein, Sloss, 1951]).

заклучены внутри тетраэдра. Естественно, что в вершинах тетраэдра могут быть и другие компоненты, например каустобиолиты, марганцевые соединения или сульфаты. Классификация пород на ребрах и гранях «главного тетраэдра состава» приведена на рис. 4.1, более детальные классификации по треугольным диаграммам, предложениые Л. Б. Рухиным, показаны на рис. 4.2.

Перечисленными типами осадочных и вулканогенных пород сложена верхняя часть литосферы — стратисфера, общий объем которой составляет по приблизительным подсчетам разных авторов, основанным на концентрациях калия и натрия в морской воде, данных о скоростях осадконакопления и о площадях распространения и мощностях осадочных толщ,  $(3 \div 13) \cdot 10^8 \text{ км}^3$ . По подсчетам А. Б. Ронова [1972], 75% осадоч-

\* Г. Блэтт [Blatt, 1970] получил более высокую цифру —  $41,7 \cdot 10^8 \text{ км}^3$ .

ных пород приурочено к геосинклиналям, 25% — к платформам. Основными породами, слагающими стратисферу, являются глины (сланцы), пески (песчаники) и известняки. Алевроиты распределяются между глинами и песками. Данные, полученные разными исследователями путем подсчетов по разрезам и путем геохимических расчетов, приведены в табл. 4.3 и 4.4.

Обобщая все эти данные, можно полагать, что глинистые породы составляют 50—55%, песчаные 25% и карбонатные

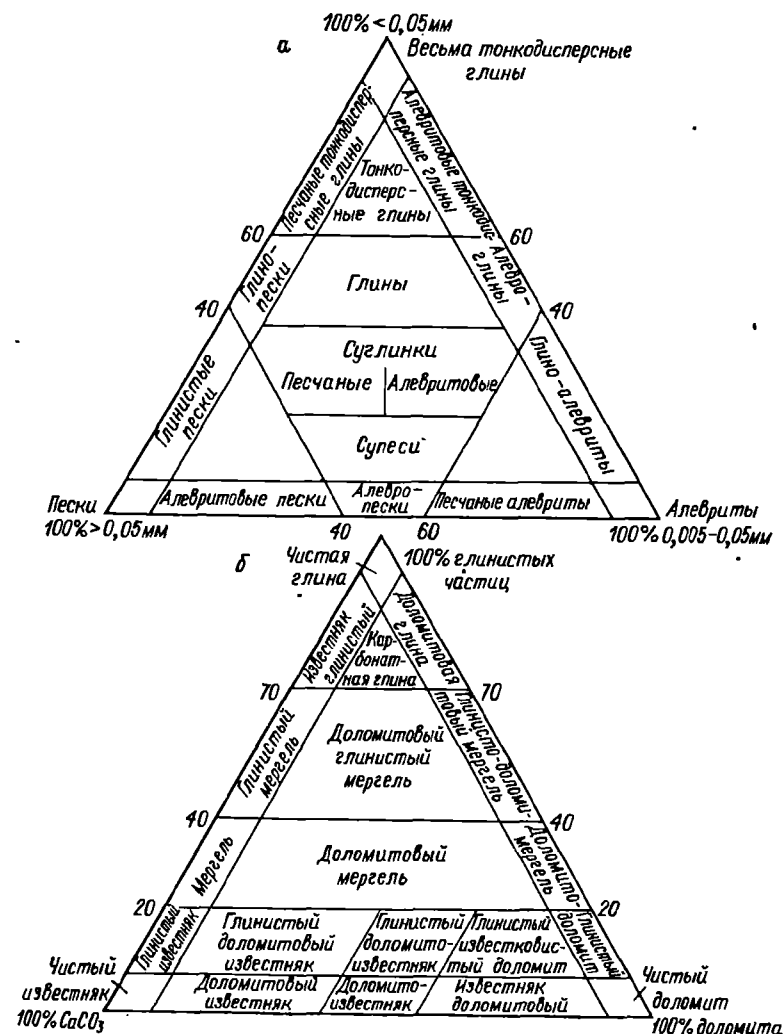


Рис. 4.2. Схемы классификации песчано-алеврито-глинистых (а) и известково-доломито-глинистых (б) пород (по Л. Б. Рухину [1969]).

Таблица 4.3

Распространение важнейших типов осадочных пород по результатам измерений разрезов (по Л. Б. Рухину, [1969] и Ф. Петтиджону, П. Поттеру и Р. Сиверу [1976])

Типы пород	К. Леус, В. Мид, 1916 г.	Ч. Шухерт, 1931 г.	Ф. Конен, 1941 г.	Л. Крынин, 1943 г.	А. Б. Ронов, 1949 г.	М. Хорн, Дж. Адамс, 1965 г.		А. Б. Ронов, 1968 г.	
						Щиты	Шельфы	Платформы	Геосинклинали
Глинистые	46	44	56	40—42	80	53	59	49	39
Песчаные	32	37	14	40		28	36	24	19
Карбонатные	22	19	29	15—18	20	19	5	21	16

Таблица 4.4

Распространение важнейших типов осадочных пород по результатам геохимических и петрологических вычислений (по Л. Б. Рухину [1969] и Ф. Петтиджону, П. Поттеру и Р. Сиверу [1976])

Типы пород	В. Мид, 1907 г.	Ч. Линдгрэн, 1923 г.	Ф. Кларк, 1924 г.	А. Холмс, 1937 г.	Ф. Петтиджон, 1949 г.	Ф. Викман, 1954 г.
Глинистые	82	77	80	70	58	83
Песчаные	12	11,3	15	16	22	8
Карбонатные	6	5,9 (гипс и соли 5,8)	5	14	20	9

15—20% стратисферы. При этом удельный вес песчаных пород на платформах, по-видимому, больше, а глинистых меньше, чем в подвижных поясах. Наконец, следует отметить, что основные объемы песчаных пород приурочены к континентальным, а карбонатов — к морским сериям.

#### 4.2. СЛОИСТОСТЬ

Слоистость является одним из наиболее важных свойств осадочных пород, имеющих исключительное значение при описании разрезов, их расчленении, определении условий залегания осадочных толщ и их генезиса. Под слоистостью понимается горизонтальное или первично наклонное размещение компонентов осадка или самих осадков, которое возникает при изменениях в составе отлагающегося материала или в темпах или обстановках его накопления.

Происхождение слоистости обычно связывается с изменением режима седиментации, а образование поверхности наложения — с остановкой осадконакопления и уплотнением ранее отложившегося осадка. Таким образом, каждый слой отделяется от выше- и нижележащего более или менее продолжительным перерывом. Однако существуют и иные возможности возникновения слоистости. В первую очередь здесь следует назвать осаждение из мутьевых потоков, приводящее к последовательному отложению грубо-, средне- и мелкозернистых осадков, причем границы слоев здесь будут нерезкими и волнистыми. Слоистость можно наблюдать в толщах, сложенных ориентированными частицами, например в конгломератах, гальки которых ориентированы течениями. Наконец, в глинах возникает тончайшая слоистость, обусловленная особенностями кристаллических решеток глинистых минералов.

Необходимо отметить, что приведенное выше в целом общепринятое определение слоистости [Вассоевич Н. Б., 1952] нуждается в ряде пояснений, относящихся к практике геологических исследований. Прежде всего, говоря о слоистости, обычно имеют в виду отличия последовательно залегающих слоев по их вещественному составу. Однако очень часто при описании разрезов геолог убеждается, что многие из этих хорошо распознаваемых слоев в свою очередь состоят из большого количества маломощных, однородных по своему составу прослоев\*. С другой стороны, в мощных осадочных сериях, сложенных чередующимися породами, толщина отдельных слоев (пачек) может составлять десятки метров. При этом в небольших выходах будет обнажаться лишь часть слоя и для практических целей корреляции частных разрезов приходится искать дополнительные критерии (включения, особенности распределения фауны и т. п.), позволяющие различать (и описывать в качестве самостоятельных слоев) более узкие интервалы разреза. Как уже отмечалось, само возникновение слоистости связано с процессами осадконакопления. Но, описывая обнажение, сложенное чередующимися песками и песчаниками, геологи, естественно, выделяют те и другие в качестве самостоятельных слоев, хотя появление песчаников обязано уже процессам диагенеза. Обобщая все эти случаи, можно отметить, что выделение слоев производится различными способами

\* Учитывая различия в происхождении и проявлении слоистости, Н. Б. Вассоевич предложил различать собственно слоистость, как последовательную смену слоев разного вещественного состава, представляющих собой элементарные стратиграфические и фацальные единицы, слойчатость, как внутреннюю структуру самих слоев, и слоеватость — «недоразвитую слоистость», которая проявляется в ориентировке частиц слагающих пород. Косая слоистость в этой классификации является одним из проявлений слойчатости. Американские геологи [McKee, Weir, 1953] предлагают называть слоями единицы, мощность которых превышает 1 см, а более тонкие слойки именовать пропластками.

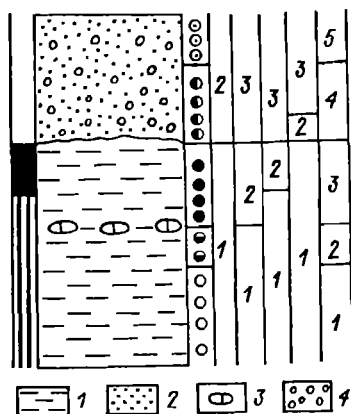


Рис. 4.3. Различные способы расчленения разреза на слои в зависимости от целей и детальности исследования.

Слева от колонки показан минеральный состав глин (заливка — монтмориллонит, светлое — смешаннослойные минералы), справа — различные комплексы фауны.  
1 — глина; 2 — песок; 3 — карбонатные конкреции; 4 — фосфоритовые стяжения.

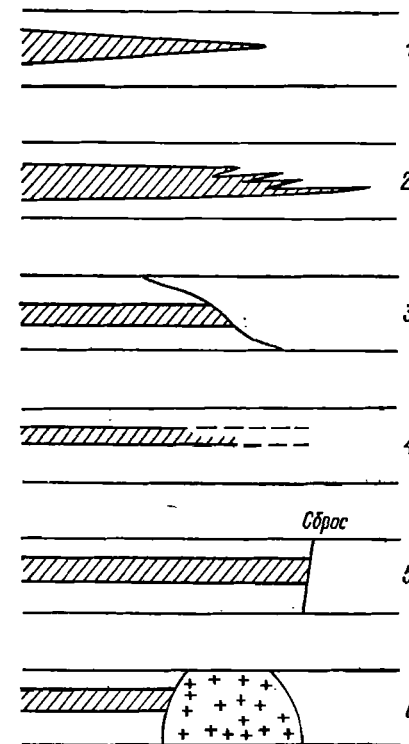
с использованием самых разнообразных признаков осадочных пород и определяется задачами и степенью детальности исследования и опытом самого исследователя.

На рис. 4.3 показаны различные варианты выделения слоев в обнажении, нижняя часть которого сложена глинами, а верхняя — песками. При рекогносцировочных работах или мелкомасштабной съемке в этом обнажении будет выделено два слоя — глины и пески. Крупномасштабные съемки потребуют более детального расчленения, и тогда с помощью маркирующего слоя карбонатных конкреций глины будут разделены на два слоя. Литолог, изучая это обнажение, обнаружит изменение минерального состава глин на другом уровне, и его подразделение на слои будет уже иным. Для разведчика, занимающегося фосфоритами, разделение глин не будет иметь решающего значения, но зато нижний горизонт песков, обогащенный фосфоритовыми желваками, он обязательно выделит в качестве самостоятельного слоя. Наконец, биостратиграф, опираясь на изменение фаунистических ассоциаций, выделит в этом обнажении свои слои, причем характер захоронения фауны, изменения ее количества по разрезу, степень сохранности и другие признаки позволят дать каждому из этих слоев чисто визуальную характеристику и т. д.

Таким образом, в практической деятельности геологи часто используют для выделения слоев такие особенности осадочных пород, которые не имеют прямого отношения к слоистости в приведенной выше трактовке. Однако не менее часто оказывается, что эти, казалось бы, искусственно выделенные слои на самом деле соответствуют определенным изменениям в режиме и темпе седиментации, а их границы отвечают скрытым размывам и перерывам и что, следовательно, искусственность их выделения является только кажущейся. Так, например, изучая выходы рязанского горизонта на р. Оке, Н. А. Богословский [1897] подразделил маломощный пласт песчаников у дер. Кузьминской в основании этого горизонта на два слоя, основываясь на присутствии только в нижнем аммонитов рода *Garniericeras*. Современное переописание этого разреза позво-

Рис. 4.4. Различные случаи выпадения слоя из разреза (по Л. Б. Рухину [1955], с добавлениями).

1 — выклинивание; 2 — выклинивание с расщеплением; 3 — срезание при размыве; 4 — исчезновение ограничивающих пластовых поверхностей; 5 — тектоническое нарушение; 6 — естественное ограничение области аккумуляции.



лило установить значительный перерыв (с выпадением почти всей зоны *gjasanensis*) между этими, на первый взгляд, формально выделенными слоями [Результаты..., 1977].

Несмотря на все сделанные оговорки, основой выделения слоев является все же изменение вещественного состава пород. Необходимость формализации при описании характера слоистости привела к созданию ряда классификаций, которые приведены в табл. 4.5.

В практической работе геологу чрезвычайно важно знать, насколько выдержаны слои, выделенные им в частных разрезах. В общем случае выдержанность слоев определяется обстановками и условиями седиментации и последующей историей захороненного осадка. Поэтому геология изобилует как примерами чрезвычайно зна-

Таблица 4.5  
Классификация слоистости в зависимости от толщины слоев

Н. Б. Вассоевич [1952]		Р. Инграм [Inggram, 1954]		
Тип слоистости	Мощность, мм	Тип слоистости		Мощность, мм
Сверхмощная	5000	Слои	Очень толстая	1000
Мощная	1—4000		Толстая	300—1000
Толстая	500—900		Средняя	100—300
Средняя	100—400		Тонкая	30—100
Умеренно тонкая	50—90		Очень тонкая	10—30
Тонкая	10—40	Про-пластки	Полосчатая	3—10
Почти листоватая (очень тонкая)	5—9		Тонкополосчатая	до 3
Листоватая	1—4			

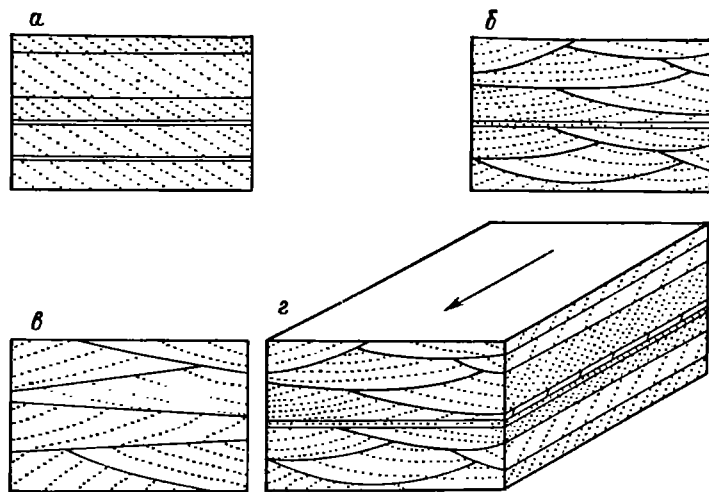


Рис. 4.5. Основные типы косой слоистости (по Р. Шроку [1950]).  
а — таблитчатый; б — линзовидный; в — клиновидный; г — блок-диаграмма, показывающая обычные соотношения между таблитчатой и линзовидной косой слоистостью. Стрелкой показано направление течения.

чительной протяженности отдельных маломощных слоев (например, прослой бентонитов в верхнемеловых отложениях Вайоминга и Монтаны протягиваются на десятки километров [Мур Р., 1953а], отдельные ритмы кампанского флиша прослежены на Северо-Западном Кавказе на площади  $180 \times 60$  км [Гроссгейм В. А., 1973] и т. п.), так и невозможность прослеживания слоев в пределах одного обнажения. Различные случаи ограничения слоя в пространстве показаны на рис. 4.4. В целом можно полагать, что в морских достаточно мощных сериях слои более выдержанны, чем в континентальных или конденсированных морских свитах. Опытный геолог уже по облику расчленяемых пород может предполагать возможную протяженность выделяемых им слоев.

С выделения слоев в разрезе собственно и начинается работа стратиграфа. Однако изучение слоистости, а также поверхность напластования имеет большое значение не только для стратиграфии. Уже сам характер слоистости дает общее представление о степени стабильности осадконакопления: ясно, что чем чаще происходит смена пород в разрезе, тем кратковременнее были моменты постоянства обстановок седиментации (хотя, конечно, это соображение справедливо со многими ограничениями, поскольку и внутри однородных слоев не так уж редко устанавливаются значительные перерывы).

Некоторые виды слоистости обладают особой информативностью. Среди них особое место занимает косая слоистость, не-

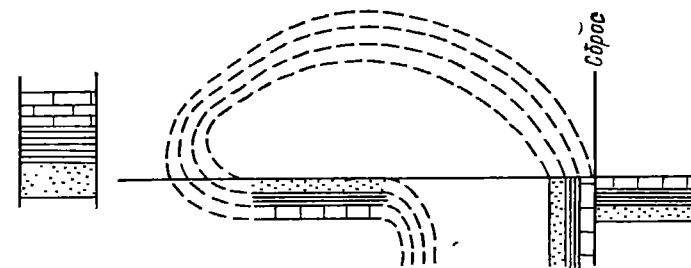


Рис. 4.6. Расшифровка строения опрокинутой складки с изоклинальными вертикально падающими крыльями при помощи изучения последовательности напластования.

Слева приведен нормальный разрез дислоцированной толщи.

редкая в континентальных и морских (главным образом мелко-водных) преимущественно песчано-алевритовых осадках. Значение косой слоистости заключается в том, что она содержит большое число данных не только об условиях формирования осадка, но и о направлении движения водных или воздушных масс, под влиянием которых и образуются первично наклонные слойки. Наиболее характерные типы косой слоистости (таблитчатый, линзовидный и клиновидный) приведены на рис. 4.5. Интерпретации косой слоистости посвящена обширная литература [Рухин Л. Б., 1962, 1969; Жемчужников Ю. А., 1963; Васильев Н. Б., Гроссгейм В. А., 1951; Гроссгейм В. А., 1973; Ботвинкина Л. Н., 1962; Твенхофел В. Х., 1936; Шрок Р., 1950; Купен, 1950; McKee, 1953].

Важное значение слоистость имеет и при интерпретации структуры осадочных толщ в складчатых системах. Знание последовательности напластования позволяет, в частности, устанавливать опрокинутое залегание или разобраться в строении вертикально залегающих слоистых серий (рис. 4.6).

#### 4.3. ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ. НЕСОГЛАСИЯ И ПЕРЕРЫВЫ

Изучение вещественного и химического состава осадочных пород позволило более полувека назад прийти к выводу о том, что уже с начала палеозоя основным источником образования осадочных пород явились более древние осадочные толщи [Barrell, 1917; Clark, 1924; Твенхофел В. Х., 1936]. Расчеты, проведенные по палеогеологическим и палеогеографическим построениям, предпринятые А. Б. Роновым [1972], также полностью подтверждают этот вывод (рис. 4.7).

Данные по современному осадконакоплению показывают, что половина твердого стока рек остается в их дельтах, до 40%

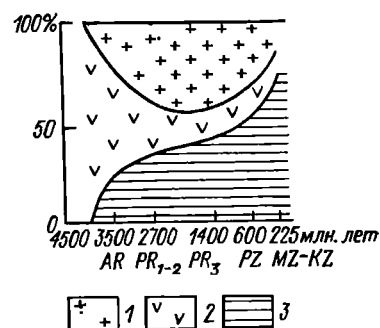


Рис. 4.7. Схема изменения во времени отношения важнейших групп пород (по А. Б. Ронову [1972]).

1 — гранитоиды и ортогнейсы; 2 — эффузивы; 3 — осадочные породы.

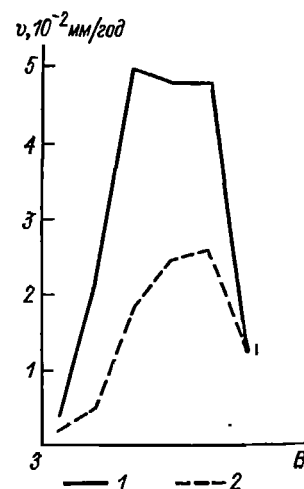


Рис. 4.8. Распределение современных продуктов твердого стока рек в различных зонах седиментации (по А. И. Животовской [1964]).

1 — дельты; 2 — прибрежная часть моря; 3 — открытое море; 4 — глубоководные впадины.

Рис. 4.9. График скоростей накопления меловых отложений на севере Западной Сибири (по М. С. Месежникову и др. [Палеогеография..., 1971]).

1 — сеноман; 2 — маастрихт.

накапливается в пределах морского мелководья и лишь 3—5% достигает глубоководных участков [Животовская А. И., 1964] (рис. 4.8). По-видимому, эти соотношения сохранялись и в геологическом прошлом. Однако профиль любого осадочного бассейна показывает, что наибольшие мощности отложений приурочены не к периферическим, а к центральному его частям. Еще более парадоксальную картину дает вычисление скоростей осадконакопления (т. е. отношения объема осадков к площади бассейна и продолжительности века) в таких бассейнах.

На рис. 4.9 показан график изменения скоростей осадконакопления по основным структурам севера Западной Сибири. Нетрудно убедиться, что и для солоноватоводных отложений сеномана, и для морских отложений маастрихта скорости осадконакопления в центре бассейна в несколько раз больше, чем на его восточной и западной окраинах.

Таким образом, скорости осадконакопления древних толщ не отражают истинный ход седиментации, а лишь являются ме-

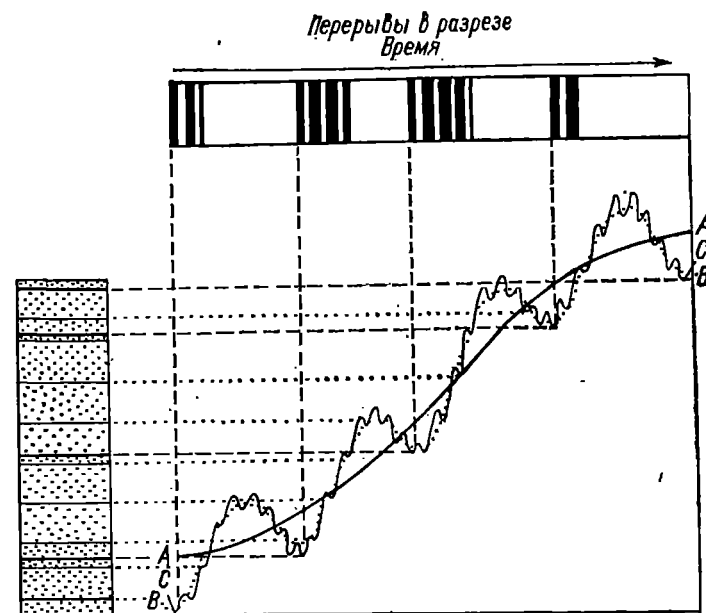
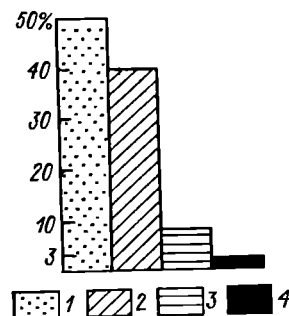


Рис. 4.10. Схема, показывающая отражение в разрезе колебаний уровня накопления (слева) и относительной продолжительности времени накопления и перерывов (вверху) (по Дж. Барреллу [Barrell, 1917]).

рой сохранности полноты разрезов. Следовательно, в течение любого отрезка геологического времени происходит непрерывное перемещение уже отложившегося осадка от периферии к центру бассейна. Естественно, это приводит к выпадению в частных разрезах значительного (в принципе большего) количества первоначально откладывающихся осадков. Это обстоятельство является единственным объяснением огромной разницы (в 2—3 порядка) между скоростями накопления современных и древних отложений, так как геология накопила большое число бесспорных примеров очень быстрого накопления палеозойских и мезозойских слоев (прижизненное захоронение лесов в континентальных сериях, прижизненное захоронение зарывающихся в мягкий ил или живущих на дне бентосных организмов, в том числе морских лилий и т. д.).

Указанная особенность процесса осадконакопления впервые была отмечена Дж. Барреллом [Barrell, 1917], который указал, что осадконакопление — это ритмический процесс, контролируемый диастрофическими и климатическими изменениями. На рис. 4.10 воспроизведена модель Дж. Баррелла, показывающая наложение этих изменений на профиль равновесия (А—А). Приведенная схема отчетливо иллюстрирует, что время нако-

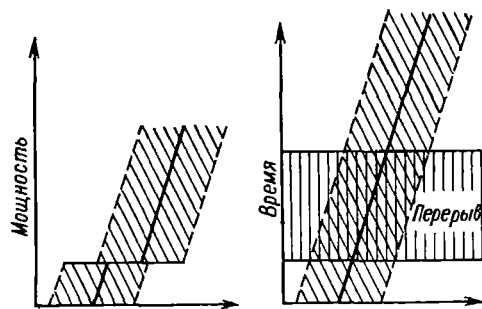


Рис. 4.11. Схема Р. Бринкманна, объясняющая метод измерения мощности осадков, уничтоженных в течение одной диастемы (по Б. Циглеру [Ziegler, 1972]).

пления осадков значительно меньше времени перерывов в осадконакоплении и что, таким образом, отложение со-

хранившихся слоев происходит очень быстро. Эти перерывы в осадконакоплении, составляющие характерную особенность процесса седиментации (так как обеспечивают продвижение материала к центру бассейна) Дж. Баррелл назвал диастемами. Диастемы, как правило, не фиксируются в разрезе, хотя Р. Бринкман [Brinkmann, 1929] предложил остроумный способ регистрации диастем на основании изучения скульптуры космоцератид. Полагая, что скульптура этих аммонитов меняется во времени строго равномерно, Р. Бринкманн отметил участки в разрезе, где наблюдалось скачкообразное изменение этих признаков (рис. 4.11). Вытягивая график до совмещения разорванных ветвей, Р. Бринкманн получил возможность судить о мощности уничтоженных осадков. Разумеется, подобные методы могут быть применены лишь к очень немногим разрезам и являются исключительно трудоемкими.

Важно, однако, помнить, что практически в любом разрезе сохраняется лишь небольшая часть первоначально накопившихся осадков и что поэтому установление одновременности образования каких-либо толщ возможно лишь с определенной степенью точности, обычно составляющей (при использовании биостратиграфического метода) не менее 200—500 тыс. лет (за исключением климатостратиграфических методов расчленения четвертичных отложений).

Все вышеприведенные рассуждения, в сущности, относились к частным разрезам. Переходя же к пространственному распространению литологических тел, мы сейчас встаем перед другой проблемой: насколько одновременно начинается и завершается формирование какой-либо свиты или пачки в различных пунктах ее развития.

Несомненно, имеется много, как правило, маломощных литологических тел, одновозрастных на всем протяжении, например пепловые и бентонитовые пласты. С другой стороны, если признать возможность длительного, измеряемого десятками миллионов лет, существования на отдельных участках Земли определенных ландшафтов, то естественно предположить, что в зависимости от тектонического развития этих участков сходные

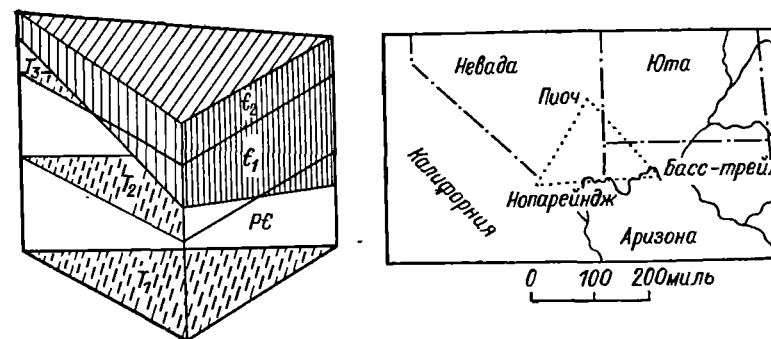


Рис. 4.12. Блок-диаграмма, показывающая изменение возраста сланцевой толщи Брайт-Энджел (вертикальная штриховка) в различных областях ее распространения (по Г. Уилеру и Е. Бислей [Wheeler, Beesley, 1948]).

Подосва толщ в Калифорнии (разрез Напарейдж) проходит внутри докембрия, в Неваде (разрез Пиноч) — внутри нижнего кембрия, в Аризоне (разрез Басс-Трейл) — в среднем кембрии.  $T_1$  — уровень внутри докембрия;  $T_2$  — уровень основания нижнего кембрия,  $T_3$  — уровень границы нижнего и среднего кембрия.

гановки будут возникать в различных их частях неодновременно и что в этом случае будут формироваться неодновозрастные толщ.

В 1948 г. Г. Уилер и Е. Бислей, обобщив свои данные по изучению группы Брайт-Энджел в южной части Большого бассейна США (рис. 4.12), установили, что возраст подошвы этой сланцевой толщи меняется от докембрия на севере района до среднего кембрия на его западе. Исходя из этого, Г. Уилер и Е. Бислей пришли к выводу, что распространение осадочных толщ определяется «трансгрессиями во времени» и, следовательно, границы этих толщ должны быть неодновозрастны. К сходным выводам на основе анализа динамики процессов седиментации в эпиконтинентальных морях пришел и А. Шоу [Shaw, 1964].

Все эти данные, в сущности, являются практически применением правила Н. А. Головкинского — И. Вальтера о постепенной смене на профиле фаций, сменяющих друг друга и в вертикальном разрезе (по времени). Закономерности смены фаций в течение трансгрессивно-регрессивного цикла показаны на рис. 4.13.

Таким образом, можно сделать важный вывод: чем длительнее происходит формирование какой-либо толщи, тем более неодновозрастны ее границы.

Следует отметить, что при сопоставлении времени образования древних толщ с продолжительностью четвертичных трансгрессий, регрессий и фаз оледенения может возникнуть мнение, что и древние обстановки были столь же кратковременны. Однако наличие исключительно полных, в сущности, монофациальных разрезов морских отложений, охватывающих подчас несколько ярусов (т. е. отрезок времени 10—20 млн. лет),

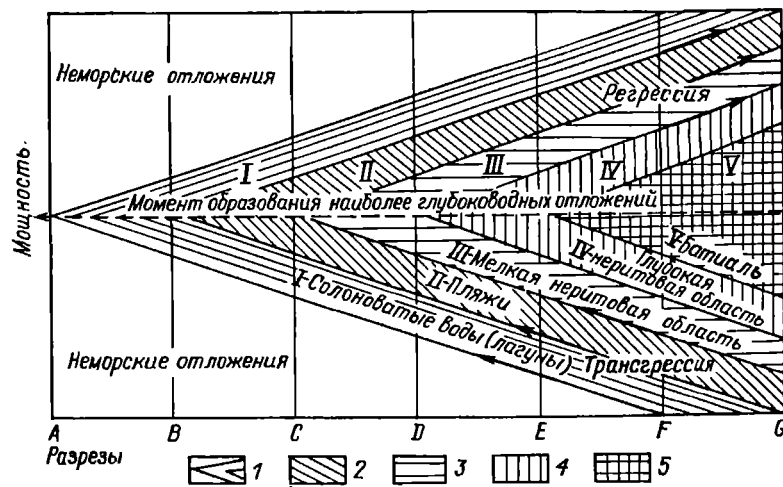


Рис. 4.13. Изменение фаций в пространстве в течение трансгрессивно-регрессивного цикла (по М. Израэльскому [Israelsky, 1949]).  
I—V — комплексы бентосных фораминифер.

показывает стабильность некоторых морских обстановок. Возраст оз. Байкал превышает 7—8 млн. лет. Японские лимнологи получили в современных озерах колонки грунтов, указывающие на существование этих бассейнов свыше 1,5 млн. лет. Наконец, чрезвычайно интересный пример длительного существования аллювиальной равнины в течение сенона (до 20 млн. лет) является верхнемеловая толща Вилуйской синеклизы. Здесь преимущественно русловые фации чиримыйской свиты занимают огромную площадь (рис. 4.14), а линзовидное строение свиты указывает на постоянное смещение русел и полную переработку долин и водораздельных пространств. Таким образом, накопление любых генетически и морфологически однородных осадочных толщ имеет непрерывно-прерывистый характер. Детальные стратиграфические корреляции, в сущности, сводятся к сопоставлению интервалов сохранения и несохранения первично накопившихся осадков.

Все приведенные заключения относились к накоплению осадков в определенной физико-географической среде. Однако седиментация во времени тесно связана с тектоническими движениями и в общем определяется этими движениями. В наиболее общей форме связь осадконакопления и тектоники отражена в представлении о компенсированных и некомпенсированных толщах, развитом работами В. В. Белоусова, [1940], В. Е. Хаина [1954, 1964а] и А. Л. Яншина [1960]. Суть этой концепции состоит в том, что в условиях достижения профиля равновесия мощность накопившихся осадков равна (или, точнее, пропорциональна) величине прогибания земной коры. В случае, если

скорость осадконакопления превышает темпы прогибания, происходит заполнение бассейна, постепенное его разобщение на отдельные впадины и, наконец, полное прекращение седиментации, как это имело место на востоке Русской платформы в казанское—триасовое время. Напротив, в условиях, когда темпы прогибания опережают скорость накопления осадков, образуются внутришельфовые впадины (на платформах), котловины и трог (в геосинклиналях), в которых формируются аномально маломощные глубоководные осадки. Примерами таких толщ являются доманиковые фации девона в Камско-Кинельской зоне или верхнеюрская баженовская свита битуминозных аргиллитов в Западной Сибири.

Еще шире подобные толщи распространены в геосинклиналях, особенно в областях флишевого осадконакопления и в межрифовых зонах. Разумеется, сложность процессов седиментации, обилие факторов, влияющих на отложение и сохранение осадков, а также разнообразные процессы преобразования накопившихся пород существенно затушевывают подобные соотношения (рис. 4.15). Однако независимо от тектонической среды осадконакопления прерывисто-непрерывный характер седиментации присущ всем осадочным толщам.

Вместе с тем достаточно часто встречаются случаи частичного или полного отсутствия осадков уверенно датированных

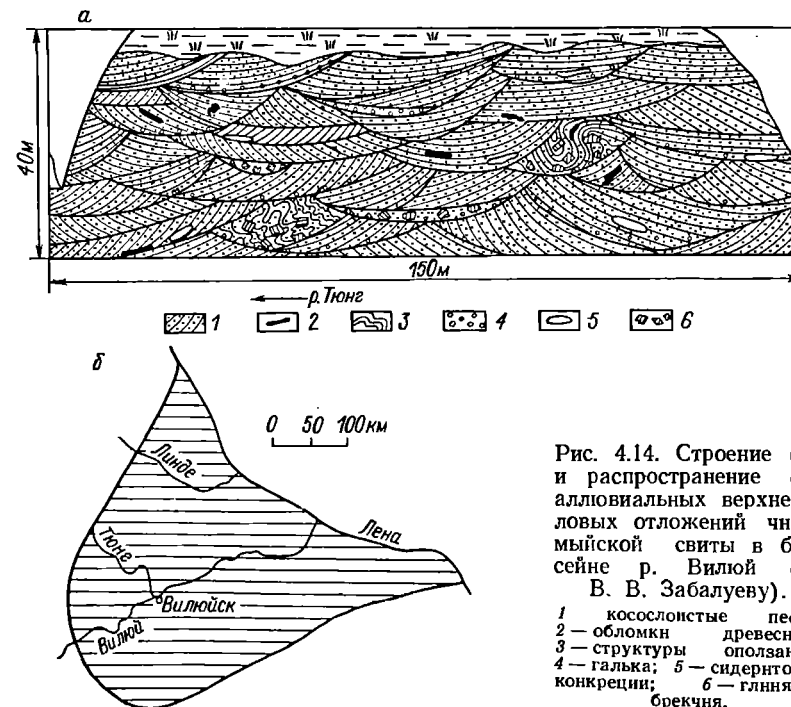


Рис. 4.14. Строение (а) и распространение (б) аллювиальных верхнемеловых отложений чиримыйской свиты в бассейне р. Вилуй (по В. В. Забалуеву).

1 — косослоистые пески;  
2 — обломки древесины;  
3 — структуры оползания;  
4 — галька; 5 — сидеритовые конкреции;  
6 — глиняная брекчия.

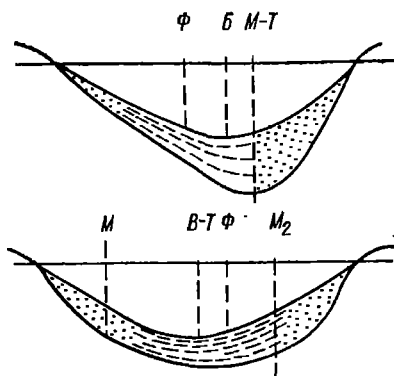


Рис. 4.15. Несовпадение фациальной (Ф), батиметрической (Б), тектонической (Т) осей бассейна и линий наибольших мощностей (М) (по В. Е. Ханну [1964а]).

временных интервалов — зональных моментов, веков, эпох, периодов и даже эратем. Достаточно часто эти перерывы в осадконакоплении проявляются на обширных пространствах. Наиболее часто причиной перерывов яв-

ляются тектонические движения и связанные с ними региональные или локальные палеогеографические изменения. Наряду с этим перерывы бывают связаны и с резким замедлением темпов осадконакопления, подводными размывами (рецессии, по Д. В. Наливкину), существованием устойчивых течений, уносящих весь поступающий осадок (как, например, на плато Блейк у побережья Флориды); и наконец, перерывы могут быть связаны с эродирующим влиянием мутьевых потоков. Перерывы имеют для геолога огромное практическое значение: без их учета невозможно правильно сопоставить частные разрезы или оконтурить какое-либо стратиграфическое подразделение. Перерывы заключают большую информацию о тектоническом и палеогеографическом развитии района. Естественно поэтому для их обозначения необходима достаточно однозначная терминология. По-видимому, одна из наиболее удачных классифика-

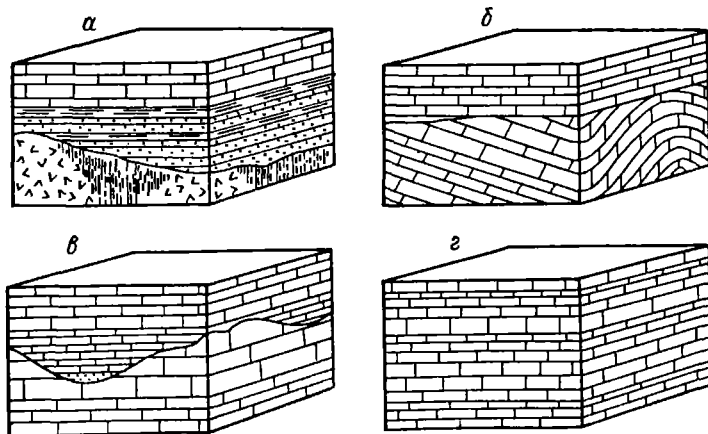


Рис. 4.16. Типы несогласий (по К. Данбару, Дж. Роджерсу [1962]). а — несогласное перекрытие (nonconformity); б — угловое (angular unconformity), в — параллельное (disconformity), г — скрытое (paraconformity).

ций перерывов и связанных с ними несогласий предложена К. Данбаром и Дж. Роджерсом (рис. 4.16).

К. Данбар и Дж. Роджерс указывают четыре возможных случая несогласия: слоистые породы перекрывают (налегают на) неслоистые изверженные или метаморфические породы — несогласное перекрытие; две толщи слоистых пород по-разному дислоцированы, имеют различные простирания и углы наклона — угловое несогласие; две толщи имеют одинаковые элементы залегания, но между ними имеется четкая эрозионная граница, выраженная в виде неровного или волнистого контакта, ожелезнения кровли подстилающей толщи, скопления грубообломочного материала или фосфоритовых стяжений в основании перекрывающей толщи и т. п. — параллельное несогласие; наконец, контакт между двумя толщами выражен простой поверхностью напластования и наличие перерыва устанавливается преимущественно методами биостратиграфии — скрытое несогласие.

Таким образом, переходя к практике стратиграфических исследований, геолог может иметь дело с полными (разумеется, с учетом сделанных замечаний) и неполными разрезами. Существует, однако, еще третья категория разрезов, как бы промежуточная между отмеченными выше, — это разрезы конденсированных слоев. Под конденсированными слоями понимаются маломощные образования, заключающие тем не менее уну очень большого (по сравнению с их мощностью) стратиграфического интервала. Примером таких слоев являются тоарские отложения Юго-Западной Болгарии, альбские нижние зеленые пески (Lower Greensand) Южной Англии или рязанский горизонт берриаса в бассейне р. Оки. Долгое время существовало мнение, что конденсированные слои содержат беспорядочно переотложенную фауну и что, таким образом, они должны датироваться по суммарным находкам фауны. В настоящее время, однако, получены данные [Casey 1961; Кейси Р., Месежников М. С., Шульгина Н. И., 1977], что конденсированные слои заключают часто ряд маломощных и локально распространенных фаунистических горизонтов (рис. 4.17) и что

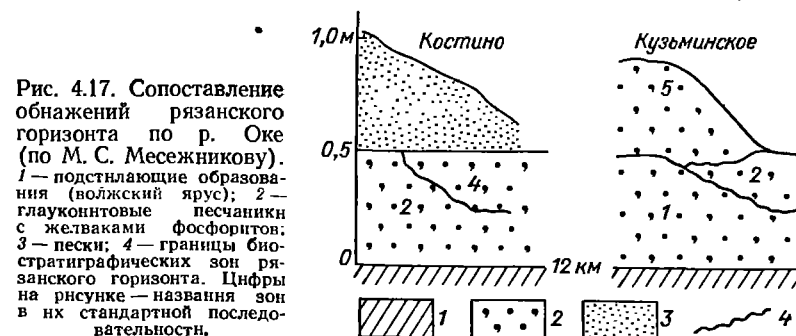


Рис. 4.17. Сопоставление обнажений рязанского горизонта по р. Оке (по М. С. Месежникову). 1 — подстилающие образования (волжский ярус); 2 — глауконитовые песчаники с желваками фосфоритов; 3 — пески; 4 — границы биостратиграфических зон рязанского горизонта. Цифры на рисунке — названия зон в их стандартной последовательности.

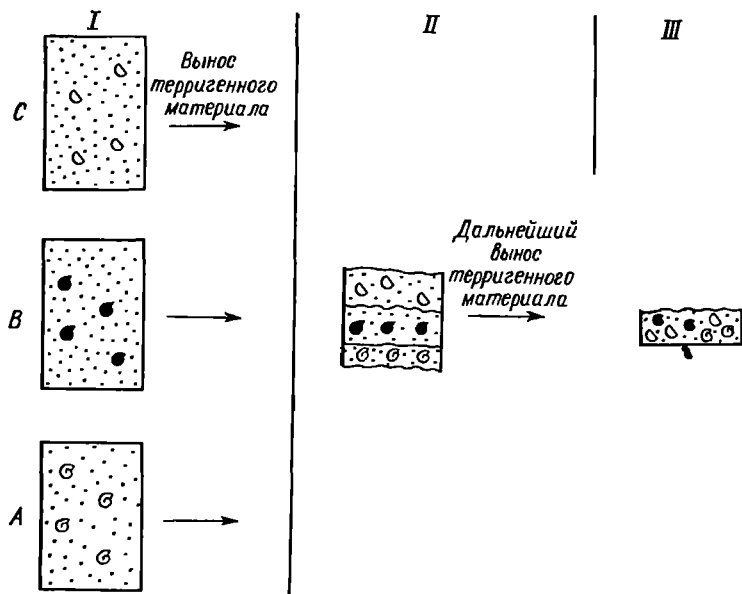


Рис. 4.18. Схема формирования конденсированных слоев.

к ним, следовательно, могут быть применены обычные методы детальной биостратиграфии.

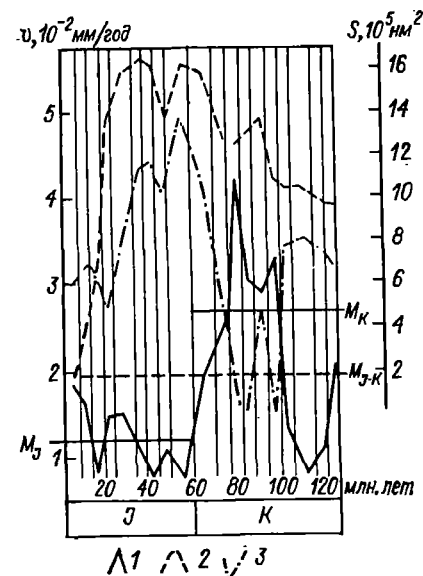
Образование конденсированных слоев можно представить таким образом: в весьма подвижной водной среде отлагающийся песчаный материал выносится течениями, но крупные раковины и фосфоритовые стяжения тем не менее накапливаются вблизи места падения на дно, испытывая относительно небольшой перенос (рис. 4.18). В отдельные моменты сила эродирующих факторов возрастает таким образом, что перемещается и этот, в сущности, псефитовый материал. В этих случаях в разрезе отмечаются фиксируемые биостратиграфическими методами перерывы. Разумеется, процесс выноса псаммитового и более мелкого материала может идти с относительно постоянной скоростью, и тогда произойдет скопление остатков разновременной обитавшей фауны и их перемешивание. Поэтому работа на конденсированных слоях требует особой внимательности и точности. Только в этом случае можно определить последовательность напластования и отделить локальные перерывы от региональных размывов.

#### 4.4. ФОРМЫ ТЕЛ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Основной задачей региональных стратиграфических исследований является установление на конкретной территории пространственно-временных взаимоотношений выделенных здесь стратиграфических подразделений.

Рис. 4.19. Изменение скоростей осадконакопления в юре и мелу на Севере СССР.

1 — скорость осадконакопления; 2 — площадь бассейна осадконакопления; 3 — площадь морских бассейнов.  $M_J$  — средняя скорость осадконакопления в юре;  $M_K$  — в мелу;  $M_{J-K}$  — в юре и мелу.



При выяснении закономерностей строения литологических тел мы сразу сталкиваемся с резкими различиями в особенностях распространения отдельных типов пород в морских и континентальных условиях седиментации. Наблюдения за современными осадками показывают, что накопление материала на континенте происходит быстрее, чем в море. Эти выводы вполне справедливы и для прошлых геологических эпох (рис. 4.19). Вместе с тем в целом морские отложения распространены в литосфере шире континентальных за счет более благоприятных условий сохранения. Как уже отмечалось, среди морских преимущественно мелководных отложений древних эпиконтинентальных морей резко преобладают глинистые осадки (более 50%), в то время как количество песков не превышает 20%. Напротив, среди континентальных отложений пески являются одними из наиболее распространенных пород, быть может уступающими по распространению только лёссовидным породам.

Песчаные тела имеют весьма разнообразную форму. Выделяются четыре основных типа песчаных тел, различающихся по отношению длины к ширине [Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р., 1976]: *a* — пласти или покровы (отношение длины к ширине равно примерно 1:1), *b* — линзовидные (не более 3:1), *в* — лентовидные [(3÷20):1] и, наконец, *г* — дендроидные — извилистые с многочисленными ответвлениями (рис. 4.20).

Формы песчаных тел среди морских толщ весьма разнообразны. Как правило, пески накапливаются на пляжах и на барьерных островах вблизи берега. В этих условиях пески образуют узкие, сравнительно короткие линзы, вытянутые параллельно берегу (рис. 4.21, 4.22). Однако иногда в морских мелководных условиях образуются не линзовидные, а пластовые тела песков, так называемые покровные песчаники. Их образование объясняется длительным перемещением зоны барьерных островов в условиях наступающего или отступающего моря

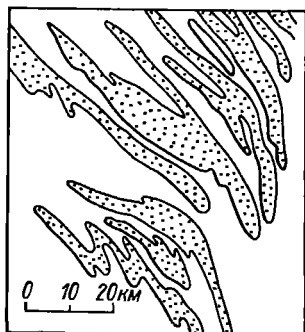
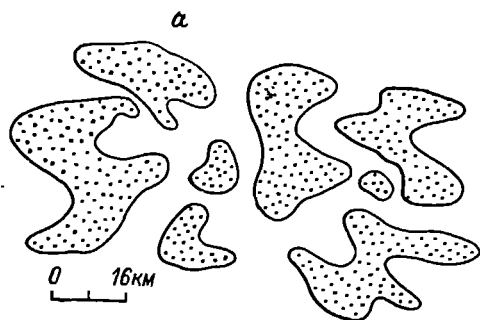


Рис. 4.20. Обычные формы песчаных тел (по Ф. Петтиджону, П. Поттеру, Р. Сиверу [1976]).

Рис. 4.21. Вытянутые песчаные тела на одном из участков Северного моря (по Ф. Петтиджону, П. Поттеру, Р. Сиверу [1976]).

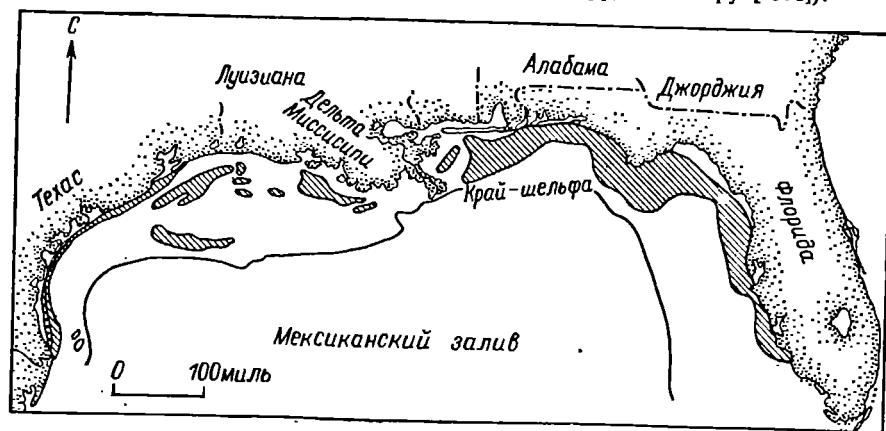


Рис. 4.22. Формы песчаных тел в северной части Мексиканского залива (по Ф. П. Шепарду [1964]).

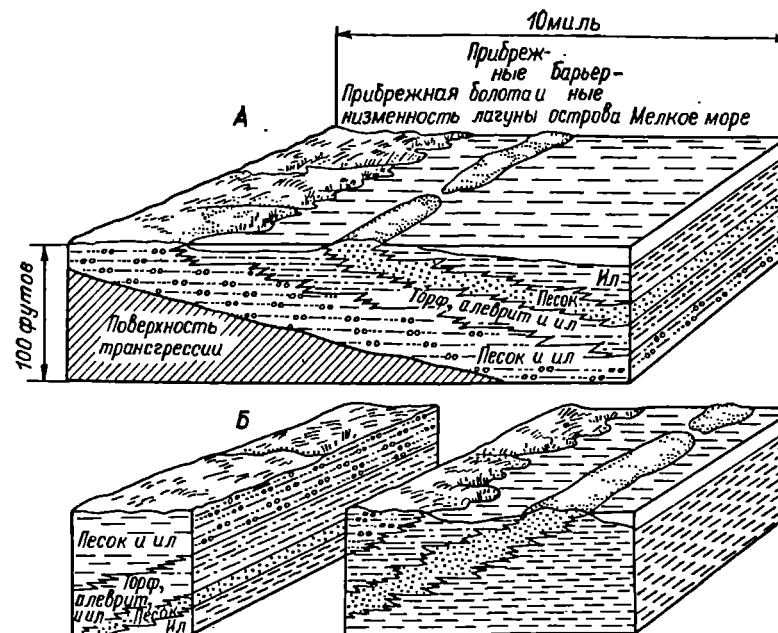


Рис. 4.23. Схема накопления различных типов пород вблизи побережья в условиях трансгрессирующего (А) и регрессирующего (Б) моря (по Д. Эйхеру [Eicher, 1971]).

[Буш Д. А., 1977; Шепард П. Ф., 1969; Krumbein, Sloss, 1956; Eicher, 1971] (рис. 4.23). В некоторых случаях, по-видимому более редких, образование покровных песчаников можно объяснить интенсивным привносом материала течениями. Как бы то ни было, преобладающей формой песчаных тел в морских толщах являются узкие быстро выклинивающиеся линзы, слагающиеся иногда в единый, но разновозрастный пласт.

В континентальных условиях пески накапливаются в руслах рек, на пляжах крупных озер и на открытых пространствах под действием ветра. Наиболее распространены эоловые и эоловые пески. Первые (при сохранении одного типа) образуют вытянутые, изгибающиеся плоско-выпуклые линзы (рис. 4.24), вторые, как правило, образуют покровы.

Как уже отмечалось на примере верхнемеловых отложений бас. р. Виллюй (см. рис. 4.14), миграция речных долин приводит к образованию покровных аллювиальных песков. Иногда генетически различные формы песчаных тел встречаются в непосредственной близости. Так, М. Болл (1967 г.) различает четыре типа современных карбонатных песков на Багамских островах: морские песчаные пояса, приливные баровые пояса, эоловые краевые гряды и плоские внутренние песчаные покровы.

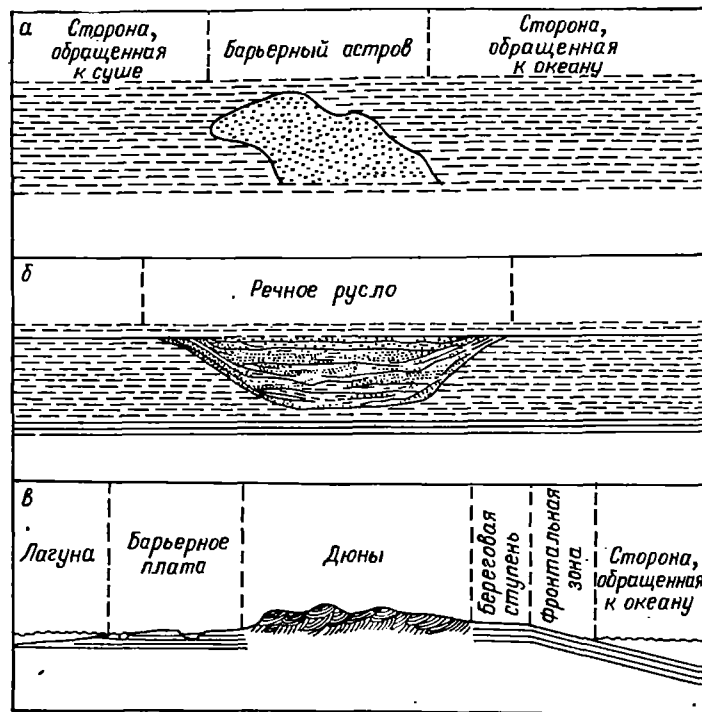


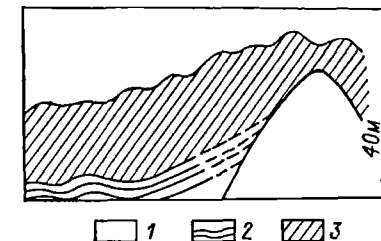
Рис. 4.24. Поперечные разрезы песчаных тел (по Ф. П. Шепарду [1964]).

а — захороненный бар; б — захороненное речное русло; в — поперечный разрез барьерного острова.

Формы глинистых и карбонатных тел также в первую очередь зависят от их генезиса. В морских бассейнах глины образуют изометричные покровы, часто распространенные на громадных площадях. Так, например, глинистые толщи верхней юры прослежены в Западной Сибири более чем на 1500 км, от Тюмени до Ямала и от Урала до Енисея. Напротив, в континентальных условиях глины чаще встречаются в виде небольших вытянутых линз, отмечающих местоположение древних долин, и только озерные глинистые осадки образуют пластообразные тела, разумеется, значительно меньшего размера по сравнению с морскими покровами.

Карбонатные породы преимущественно приурочены к областям морской седиментации. В континентальных условиях сколько-нибудь значительные карбонатные толщи лишь изредка накапливаются в озерах аридной зоны. В морских бассейнах карбонатное осадконакопление развито чрезвычайно широко. Карбонатные толщи формируют как значительные покровы (например, турнейские отложения центральной и восточ-

Рис. 4.25. Форма сылвенского рифа на р. Сылве (по В. Д. Наливкину [1949]). 1 — рифовый массив; 2 — слонстые глинистые известняки с прослоями мергелей; 3 — высыпки филипповских доломитов.



ной части Русской платформы или верхнемеловые отложения юга европейской части СССР), так и отдельные вытянутые линзы. Особый интерес представляют рифовые массивы, форма которых исключительно разнообразна. Рифы могут образовывать сплошные вытянутые барьеры, могут иметь форму кольца (атоллы) и, наконец, могут быть в плане примерно изометричными. Иногда такие изометричные рифы образуют правильные цепочки, как это отмечено В. Д. Наливкиным [1949] для стерлитамакских и тастубских рифов нижней перми Юрзано-Сылвенской депрессии, образующих меридионально вытянутую полосу длиной более 120 км. Особенностью рифов является то, что рост их происходит быстрее, чем накопление синхронных органогенных известняков и глинистых отложений (рис. 4.25). Это обязательно следует учитывать при сопоставлениях рифовых массивов с вмещающими и окружающими их толщами.

#### 4.5. ФАЦИИ

Нам уже неоднократно приходилось упоминать о влиянии обстановок осадконакопления на форму и состав формирующихся в этих обстановках тел осадочных пород. Поскольку, естественно, в одном и том же бассейне седиментации одновременно существуют разные обстановки осадконакопления, можно было предположить, что разновозрастные осадки будут существенно различаться по вещественному составу, структурным и текстурным особенностям. Это явление было открыто, однако, при практических работах, проводимых в 1838 г. А. Грессли по изучению юрских отложений Швейцарских Альп, и сразу привлекло внимание геологов.

Особенно много фациальный анализом стали заниматься благодаря поискам месторождений нефти и угля, проводимым на территориях крупных седиментационных бассейнов, поскольку выявление стратиграфических соотношений продуктивных и непродуктивных толщ, а также поиски и оконтуривание залежей оказались эффективными лишь при условии выяснения генезиса осадков. Вместе с тем в геологической литературе нет общепринятого определения фации. В то время как одни геологи склонны видеть в фации лишь отличный от смежных с ним тип отложений, другие полагают более правильным по-

нимать под фацией конкретную обстановку осадконакопления или элементарную единицу ландшафта. Между этими крайними точками зрения имеется бесчисленное множество промежуточных мнений. Мы понимаем под фацией отложения, литологические и палеонтологические признаки которых указывают на определенные условия их формирования, отличные от условий формирования осадков подстилающих, перекрывающих и замещающих их в латеральном направлении.

Таким образом, в понятие фации вводятся не только признаки отложения, но и условия их образования. Для отдельно взятых литологических признаков фации американскими геологами был предложен удачный термин «литофация», а обстановка, в которой происходит формирование литофации, получила название «литотоп». Равным образом характерные для определенной фации комплексы ископаемых организмов образуют «биофации», а среда их обитания является «биотопом». Поскольку биофация и литофация являются как бы частными характеристиками какой-либо конкретной фации, в общем случае они должны пространственно совмещаться, особенно в тех случаях, когда биофации устанавливаются по бентосным организмам. На практике, однако, такие совпадения бывают далеко не всегда. Действительно, целый ряд организмов, в первую очередь планктонных и нектонных, не обнаруживает жесткой связи с определенными фациями. Например, позднемеловые радиолярии в Западной Сибири встречаются как в кремнистых песчаниках и диатомитах, так и в карбонатных и бескарбонатных глинах. Сходные комплексы средневожжских дорзопланитов встречаются в глауконитовых алевролитах Приполярного Урала и в глинах бассейна р. Печоры и т. п.

Далеко не всегда жестко привязаны к определенным литофациям и комплексы бентоса, достаточно вспомнить среднеюрских иноцерамид или позднеюрских и раннемеловых бухий. С другой стороны, нередко выделяемые при практической работе литофации соответствуют нескольким биофациям. Чаще всего это связано с перемычками и сортировкой фауны в процессе формирования осадка. Например, в основании мела бассейна р. Печоры залегают алевроитовые глины, заключающие мелкие линзочки глинистого алевроита с многочисленными бухиями. Глины и алевроиты, по данным В. И. Кузиной, содержат принципиально отличные комплексы фораминифер. Однако известны случаи, когда достаточно четко устанавливаемая литофация отвечает нескольким биотопам. Кимериджские отложения на восточном склоне Приполярного Урала представлены очень характерной толщей синевато-серых монтмориллонитовых глин лопсинской свиты. На западе для лопсинской свиты характерен биоценоз, в котором ведущее место занимают крупные устрицы и астарты [Захаров В. А., 1970]; восточнее, при сохранении всех основных литологических признаков, устрицы стано-

т чрезвычайно редки, и, в сущности, здесь уже новый биоценоз астарт и мелеагринелл.

Таким образом, литофации могут явиться, в условиях относительно неконтрастного осадконакопления (отсутствие активных движений воды, незначительный привнос терригенного материала), обобщением ряда обстановок, или, в принятой нами терминологии, литотоп может охватывать несколько биотопов.

Со времени установления фаций возникла проблема их соотношений со стратиграфическими подразделениями. Как известно, А. Грессли рассматривал фации внутри выделенных им стратиграфических единиц. Фация, таким образом, являлась пространственно обособленной частью стратона. Эта точка зрения сохранилась в практической деятельности геологов и до настоящего времени [Мур Р., 1953а; Наливкин Д. В., 1955]. Однако во времена А. Грессли границы стратиграфических подразделений считались изохронными. В наши дни, когда четко определено различие между лито- и хроностратиграфическими единицами, соотношения фаций и стратонов оказываются более сложными: фации, естественно, тесно сопряжены с литостратиграфическими единицами и, подобно этим единицам, могут пересекать хроностратиграфические границы. Так, положение подошвы «доманиковой фации» куонамской свиты Восточной Сибири в пределах Харбусуонской фациальной зоны изменяется от верхов алданского яруса нижнего кембрия до середины амгинского яруса среднего кембрия [Савицкий В. Е., 1969а], положение кровли битуминозной фации в Западной Сибири с востока на запад изменяется от верхов вожжского яруса до середины готерива и т. д.

В 1934 г. К. Кастер [Kaster, 1934], изучая девонские отложения Пенсильвании, установил пересечение фациальных границ и изохрон. Для таких фаций он предложил наименование «магнафация». Части магнафаций, ограниченные изохронами и входящие в состав определенных хроностратиграфических подразделений, К. Кастер назвал «парвафациями». Соотношение магнафаций и парвафаций показано на рис. 4.26.

Однако любые стратиграфические подразделения содержат, как правило, различные фации, не только замещающие друг друга по простирацию, но и сменяющиеся вверх по разрезу. Особенно показательны в этом отношении угленосные ритмы Донбасса или Пенсильвании, каждый из которых состоит из ряда резко контрастных фаций. В связи с этим часто возникает представление о том, что, в сущности, каждый обособленный слой представляет собой самостоятельную фацию. Этот, в целом справедливый, вывод, однако, имеет ряд ограничений, поскольку возможно существование конкретных фаций, представленных различными типами пород. Наиболее представительным примером являются фации мутьевых потоков, сложенные

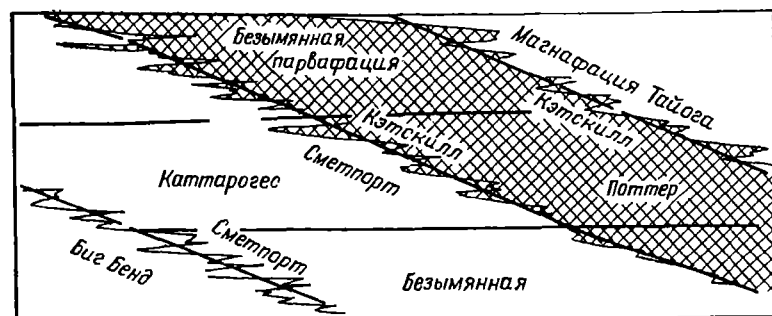


Рис. 4.26. Соотношение магнафаций и парвафаций в девонских отложениях Пенсильвании по К. Кастеру [Мур Р., 1953а].

осадками с последовательно убывающими по разрезу размерами частиц. В общем случае, однако, и при строгом определении фация представляет собой очень мелкую единицу, и в практической деятельности геологи пользуются весьма обобщенными фациями, каждая из которых обычно допускает разделение на ряд элементарных фациальных единиц. Основываясь на этом, Д. В. Наливкин [1955, с. 13, 14] предложил следующую классификацию фаций.

1. Фация — конкретная обстановка осадконакопления, в которой формируется однородный осадок (например, косослоистые русловые пески).

2. Сервия — «комплекс фаций, постепенно переходящих друг в друга и образующих единое географическое явление» (например, озеро, пляж открытого моря, пролив и т. п.).

3. Нимия — «комплекс сервий, постепенно переходящих друг в друга и образующих крупные географические области» (дельты крупных рек, замкнутые моря, пустыни, шельфы континента).

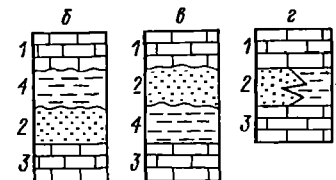
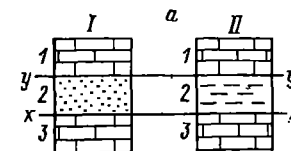
4. Формация — «комплекс нимий, крупнейшая составная часть земной поверхности».

Обычно выделяются три формации: морская, континентальная и промежуточная (лагунная). Последние данные, полученные благодаря рейсам «Гломар Челленджер», показывают, что возможно, целесообразно выделить и четвертой формации — океанической. Следует отметить, что сам термин «формация» является, как отмечал и Д. В. Наливкин, малоудачным ввиду его использования в западноевропейской и особенно американской стратиграфии в качестве синонима свиты, а также при тектоническом анализе осадочных серий. Американские геологи используют для обозначения наиболее крупных фациальных комплексов термин «обстановки осадконакопления» — морские, неморские и смешанные [Dunbar, Rodgers, 1957].

Для стратиграфа фации имеют огромное, часто роковое, значение. Ничто так не затрудняет сопоставление разрезов и не

Рис. 4.27. Варианты сопоставления разнофациальных отложений, заключенных между удовлетворительно коррелируемыми толщами.

а — частные разрезы; б-г — возможные варианты сводных разрезов; х-х, у-у — коррелируемые поверхности (изохроны).



служит причиной появления неречивых представлений о строении осадочных толщ, как наличие фациальных изменений.

Рассмотрим для примера простейший случай. В двух разрезах I и II между пачками известняков заключены: в разрезе I — песчаники, а в разрезе II — глины (рис. 4.27). Кровля пачки 3 и подошва пачки 1 являются по данным биостратиграфического контроля хорошо коррелируемыми поверхностями (изохронами). Таким образом, пачки 2 и 4 рассматриваемых разрезов приблизительно одновозрастны и, казалось бы, могут рассматриваться как фациальные аналоги. Однако мы можем также предположить, что пачки 2 и 4 последовательно сменяют друг друга в сводном разрезе, но в пункте I отсутствует пачка 4, а в пункте II размыта пачка 2. Собственно к решению этой проблемы — размыв или фациальное замещение — и сводится подавляющее число спорных стратиграфических проблем. Очевидно, что какое-либо согласованное мнение в нашем случае возможно лишь при наличии дополнительных данных. Наиболее однозначные выводы могут быть получены при непосредственном прослеживании в поле взаимоотношений пачек 2 и 4. Как правило, возможности подобного прослеживания сильно ограничены либо условиями обнаженности, либо недостаточным количеством буровых скважин и отсутствием в буровом разрезе всей полноты информации о разрезах.

Другим важным способом выявления фациальных переходов является биостратиграфическая корреляция. Разумеется, установление одновозрастности пачек 2 и 4 является важнейшим аргументом для того, чтобы рассматривать их в качестве фациальных аналогов. Но и в этом случае необходимо учитывать масштаб определяемых возрастных диапазонов. Так, если мы установили, что пачки 2 и 4 принадлежат меловой системе, это не исключает того, что пачка 2 может быть нижнемеловой, а пачка 4 — верхнемеловой; принадлежность этих пачек барремскому ярусу открывает возможность датировки их ранним или поздним барремом и т. п. Таким образом, и биостратиграфические данные позволяют лишь аппроксиматически выявить соотношения различных фаций. При этом достаточная точность сопоставления, удовлетворяющая по крайней мере практические нужды геологов, будет определяться детальностью расчленения опреде-

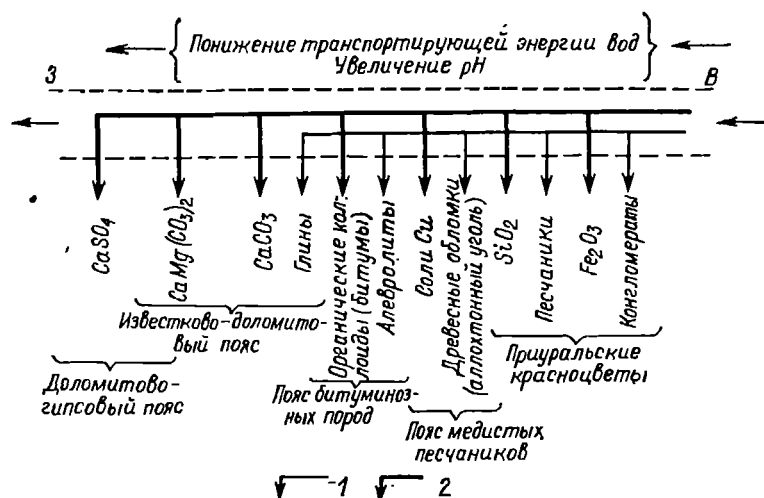


Рис. 4.28. Схема осадочной дифференциации на примере пермских отложений Волго-Уральской области (по Л. В. Пустовалову [1940]).  
Дифференциация: 1 — механическая, 2 — химическая.

ленной системы: для девона, например, в целом достаточно будет установление принадлежности обеих фаций к одному подъярусу, а для верхней юры — к одной подзоне.

Вместе с тем установленные фациальные соотношения позволяют прогнозировать строение осадочных серий в смежных, еще не изученных районах, дают важнейший материал для палеогеографических реконструкций и правильной ориентации на этой основе поисково-разведочных работ на различные виды полезных ископаемых.

В качестве примера можно привести представление о постепенном уменьшении зернистости осадков при движении от берега в глубь бассейна и о постепенной смене терригенных отложений органогенными и хемогенными. Это представление, наиболее полно развитое в отечественной литературе Л. В. Пустоваловым [1940] (рис. 4.28), справедливое в принципе, не всегда оказывается реальным при достаточно детальных исследованиях как вследствие особенностей обстановок осадконакопления, так и из-за неоднократного пространственного перемещения литотопов за время накопления какой-либо свиты. Как известно, в современных морях песчаные отложения расположены в некотором удалении от берега, вблизи края шельфа (рис. 4.29). Это объясняется обычно повышением уровня Мирового океана после последнего оледенения. С другой стороны, между краем континента и зоной барьерных островов происходит накопление тонкозернистого илистого материала в лагунах. Такие обста-

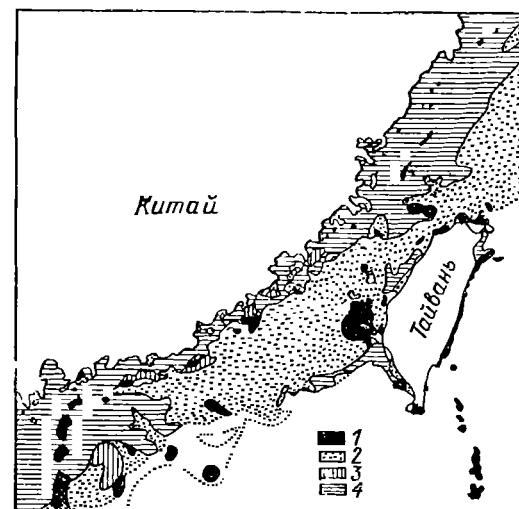


Рис. 4.29. Развитие песков во внешней части шельфа Восточной Азии (по Ф. П. Шепарду [1969]).

1 — обнажения подземных пород и камни; 2 — песок; 3 — илистый песок; 4 — ил.

новки хорошо известны и в древних бассейнах, например в раннемеловом море Хатангской впадины [Захаров В. А., Юдовный Е. Г., 1974].

#### 4.6. ФОРМАЦИИ

Вся осадочная оболочка Земли сложена сравнительно немногочисленными типами слоистых пород. Поэтому сходные по составу пески или глины можно встретить в нижнем палеозое и в кайнозое. Это обстоятельство долгое время не позволяло увидеть какие-либо закономерности распространения осадочных пород в историческом аспекте. Оказалось, однако, что в истории Земли имела место и эволюция литогенеза. Благодаря работам Н. М. Страхова [1948, 1960, 1963] такая направленность литогенеза была установлена достаточно определенно. Так, в ходе геологической истории наблюдается повышение содержания в породах кальция и отчетливое понижение содержания магния и, как следствие, существенное сокращение доломитобразования; очень заметно снижается интенсивность накопления хемогенных кремнистых пород и т. п.

Вместе с тем для целого ряда пород устанавливается определенная периодичность их широкого распространения в разрезах. Так, например, была установлена сопряженность крупных тектонических движений и основных фаз углеобразования. При этом некоторые характерные типы пород (аспидные сланцы, карбонаты, красноцветы, угли, флиш и т. д.) получают существенное распространение лишь на определенных этапах развития крупных структурных зон земной коры. Французский геолог М. Бертрап, впервые обративший внимание в конце прошлого века на закономерность смены в разрезах палеогена Альп

Типовые формационные ряды (по В. Е. Хаину [1964а], с упрощениями)

Стадии тектонического цикла	Устойчивые платформы		Подвижные платформы		Многосинклинали и передовые прогибы		Эвгеосинклинали и межгорные прогибы	
	Гумидная зона	Аридная зона	Гумидная зона	Аридная зона	Гумидная зона	Аридная зона	Гумидная зона	Аридная зона
Заключительная	Ледниковая лимническая угленосная	Красноцветная континентальная	Ледниковая, лесовая Трапповая		Верхняя моласса (сероцветная лимническая)		Наземно-вулканогенная	
Поздняя	Верхняя паралическая угленосная Морская регрессивная терригенная	Эвапоритово-красноцветная	Красноцветная аплитовая	Карбонатно-красноцветная	Нижняя моласса (шир)		Лимническая угленосная	Солёносная
	Платформенная карбонатная		Лимническая угленосная					
Ранняя	Морская трансгрессивная терригенная Базальная лагунно-континентальная	Ледниковая Трапповая		Аспидная	Известковая геосинклинальная (барьерные рифы)		Флишевая	Порфиритовая
								Спидито-кератофировая

флиша и молассы, назвал ассоциации горных пород, появляющиеся на определенных этапах тектонического развития региона, формациями, используя термин, предложенный еще в XVIII в. Г. Фюкселем. Особенное развитие учение о формациях получило в работах советских геологов Н. С. Шатского [1951], Н. П. Хераскова [1952, 1965], а в последнее время В. И. Драгунова [1973], Э. Н. Янова [1965], И. В. Крутя [1968], А. Л. Яншина [1970] и др.

Определение формации мы заимствуем из известной работы В. Е. Хаина [1964а, с. 127]: «Формация — это закономерное и естественное сочетание (парагенез, комплекс, ассоциация) определенного набора горных пород — осадочных, вулканогенных, интрузивных — образующихся на определенных стадиях развития основных структурных зон земной коры». Основные факторы, контролирующие появление и пространственную приуроченность различных формаций, — это характер тектонических движений и климат. Сходные формации будут появляться на определенном этапе развития платформ и геосинклиналей, расположенных в одинаковых климатических зонах. В частности, для аридной зоны наиболее характерны эвапоритовые и красноцветные формации, а для гумидной — угленосные и ледниковые.

Типовые наборы формаций приведены в табл. 4.6. Разумеется, в этой таблице приведены идеальные последовательности. Реальные условия развития отдельных регионов приводят к гипертрофии одних формаций и, напротив, резкому сокращению или даже полному отсутствию других. Так, например, в пределах Западно-Сибирской плиты практически отсутствует карбонатная формация, в каледонидах Центрального Казахстана отсутствует нижняя моласса, а в герцинидах Карпат — флиш, но зато очень широко представлены аспидная формация и верхняя моласса и т. д.

Хотя формации выделяются на основании обобщения стратиграфических данных и используются главным образом для выяснения истории тектонического развития крупных регионов и распространения в них месторождений полезных ископаемых, общие закономерности распределения различных типов осадочных пород, бесспорно, могут использоваться и для выявления стратиграфических соотношений, особенно в малоизученных регионах. Так, например, закартировав в пределах одного района изолированные выходы толщи аспидных сланцев и толщи молассовидных отложений, можно с большой долей вероятности постулировать, что сланцы окажутся древнее молассы, равно как достаточно мощные карбонатные толщи на платформах, скорее всего, будут подстилаться морскими терригенными осадками, и т. п.

## МЕТОДЫ СТРАТИГРАФИИ

В настоящем разделе рассматриваются методы расчленения и корреляции разрезов. Под расчленением понимаются какие-либо операции, позволяющие на основании одного или нескольких генетически связанных признаков подразделять осадочную толщу, вскрытую обнажением или скважиной, на ряд однозначно определяемых интервалов. Эти интервалы могут быть последовательными, но могут характеризовать и отдельные участки разреза. Так, например, каменноугольные отложения западного склона Урала расчленены на ряд последовательно залегающих горизонтов по фауне фораминифер [Рейтлингер Е. А., 1969], в меловых отложениях Западной Якутии выделен ряд последовательных свит [Вахрамеев В. А., 1958]. С другой стороны, зональное деление ниже- и среднеюрских отложений севера Восточной Сибири по аммонитам возможно лишь для отдельных интервалов разреза (отсутствуют аммониты верхнего геттанга, синемюра, нижнего плинсбаха, верхнего тоара, верхнего байоса и т. д.) [Совещание..., 1972], в палеогеновых отложениях Западной Сибири чередуются интервалы разреза, содержащие и не содержащие радиолярии [Липман Р. Х., 1972] и т. п.

Корреляция заключается в прослеживании установленных интервалов на возможно большее расстояние. Очевидно, что чем более удаленные разрезы мы сопоставляем, тем меньше частных признаков может быть использовано для этих сопоставлений. В конечном итоге главной, в сущности единственной, основой таких широких сопоставлений остается установление одновозрастности коррелируемых интервалов разреза. Поэтому большинство современных стратиграфов справедливо полагают, что корреляция сводится к установлению одновозрастности или возрастных соотношений сопоставляемых стратиграфических подразделений, хотя при решении многочисленных задач сопоставления сравнительно близко расположенных частных разрезов под корреляцией часто понимается прослеживание отдельных пачек и слоев независимо от их возраста и степени изохронности.

Расчленение и корреляция разрезов могут производиться на основе различных критериев. Для этих целей используется как

вещественный состав пород, характерные литологические или текстурные особенности, окраска, минеральный состав, геохимические и геофизические характеристики, так и состав заключенных в породах остатков животных и растительных организмов. Исходя из этого все методы стратиграфии могут быть разделены на две большие группы: первая охватывает методы, основанные на изучении вещественного состава пород, их физико-химических характеристик и условий залегания, вторая — методы, основанные на палеонтологической характеристике пород (биостратиграфия). По отношению к основной задаче стратиграфической корреляции — прослеживанию одновозрастных остатков — все методы стратиграфии также делятся на две группы. Одна позволяет непосредственно устанавливать возрастные соотношения. К этой группе в первую очередь, хотя и не полностью, относится биостратиграфический метод, а также палеомагнитная и радиологическая хронометрия. К второй группе относятся методы, результаты применения которых должны для получения окончательных выводов сопоставляться с данными первой группы (литологический, геохимический, палеогеографический, палеоэкологический, ритмостратиграфический и др.).

### 5.1. МЕТОДЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ВЕЩЕСТВЕННОМ СОСТАВЕ ПОРОД, ИХ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ И УСЛОВИЯХ ЗАЛЕГАНИЯ

#### 5.1.1. Литологический метод

Выделение в разрезах и последующее прослеживание характерных слоев или определенных их группировок является наиболее распространенным методом как при геологическом картировании обнаженных районов, так и при изучении закрытых территорий по материалам горных выработок. Суть метода состоит в том, что изучаемый разрез делится определенным образом исходя из состава, окраски, текстуры, характера включений и т. п. на ряд слоев, пачек или свит, отличающихся по этим признакам от выше- или нижележащих подразделений. Затем установленные стратоны прослеживаются последовательно все далее и далее от исходного разреза до тех пор, пока такое прослеживание оказывается возможным.

Особенности расчленения разреза на слои уже рассмотрены в предыдущей главе. Несмотря на то что слоистость является одним из самых характерных свойств осадочных образований, выделение слоев, зависящее от особенностей строения толщи, целей исследования, опыта исследователя и т. п., лишь косвенно отражает это объективное свойство. Однако значительно чаще, учитывая невыдержанность отдельных, особенно маломощных, слоев, геолог объединяет их по какому-либо характерному признаку.

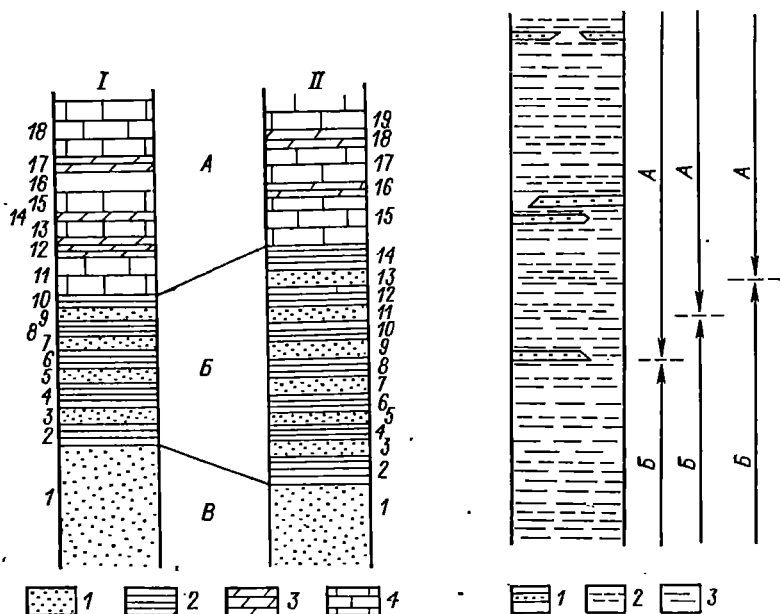


Рис. 5.1. Пример сопоставления двух обнажений путем прослеживания толщ, характерных по вещественному составу.  
А, Б, В — свиты. 1 — песчаники; 2 — сланцы; 3 — мергели; 4 — известняки.

Рис. 5.2. Расчленение разреза, сложенного малококонтрастными породами. Однозначное проведение границы свит А и Б затруднено. 1 — песчаники; 2 — алевроиты; 3 — глины.

Рассмотрим для примера два обнажения, расположенные на некотором удалении друг от друга (рис. 5.1). В обоих обнажениях в основании залегает мощная пачка песчаников (слой 1), которая вверх по разрезу сменяется сланцами с прослоями песчаников, и еще выше — известняками с прослоями мергелей. В обнажении I описано 18, а в обнажении II — 19 слоев, однако количество и мощности литологически сходных слоев в этих обнажениях разные.

Применение чрезвычайно трудоемких и кропотливых методов изучения разрезов при наличии достаточного количества литологических и палеонтологических данных, возможно, позволило бы установить, какие именно слои могут быть прослежены в этих выходах, а какие выклинились, но в общем случае, при изучении большого числа разрезов, эта задача невыполнимая. В то же время, разделив разрез на три свиты А, Б и В, каждая из которых хорошо определяется характерным набором пород, можно легко сопоставить эти обнажения.

Этот метод превосходно применяется для самых сложно построенных осадочных серий. Так, верхнеюрские и нижнемеловые отложения в Рязанской области характеризуются большим количеством размывов и чрезвычайной невыдержанностью отдельных слоев. Однако характерные литологические особенности разреза (верхний оксфорд представлен преимущественно черными глинами, волжские и рязанские слон — рыжими и зелеными глауконитовыми песками и песчанниками с большим количеством фосфоритовых стяжений, а валанжин — серыми песками с очень причудливыми по форме фосфатными стяжениями в основании) позволяют уверенно делить его на эти три части и очень широко проследить их, хотя подчас стратиграфический объем каждой из этих литологических пачек заметно меняется от выхода к выходу на расстоянии всего нескольких метров.

В то же время при всей геологической сложности приведенного разреза он представляет собой весьма благодарный объект для литологического расчленения и прослеживания выделенных единиц в связи со значительной контрастностью пород. Достаточно часто, однако, разрез сложен либо часто повторяющимися типами пород, либо малококонтрастными литологическими разностями. На рис. 5.2 показан разрез, сложенный чередованием глин и алевроитов и редкими прослоями песчаников. Именно такой характер разреза свойствен морским неокотским отложениям Западной Сибири. На рисунке видно, что общая тенденция изменения пород вверх по разрезу вполне очевидна: постепенно нарастает количество и мощность алевроитовых прослоев. Однако эта постепенность и не дает возможности однозначного выбора границы. Действительно, эта граница может быть приурочена к первому прослою песчаников, к более или менее ощутимому изменению характера чередования глин и алевроитов или к основанию сравнительно мощной пачки алевроитов. Ни один из этих вариантов не является бесспорным, так как все они основаны на сугубо частных и, следовательно, недостаточно выдержанных в пространстве признаках. Подобные, в определенной мере условные, границы литостратиграфических подразделений устанавливаются и в мощных угленосных сериях, сложенных песками, с подчиненными прослоями глин, алевроитов и пластами угля. Мощность таких серий, широко развитых, например, в нижнемеловых отложениях Восточной Сибири, нередко превышает 3000 м, а их расчленение производится по принципу появления или исчезновения угольных пластов (рис. 5.3).

Наконец, в геологической практике нередко встречаются мощные монотонные толщи, которые не испытывают каких-либо закономерных изменений состава по разрезу и поэтому практически нерасчленимы теми способами, на которых мы останавливались. Примером является разрез каменноугольных

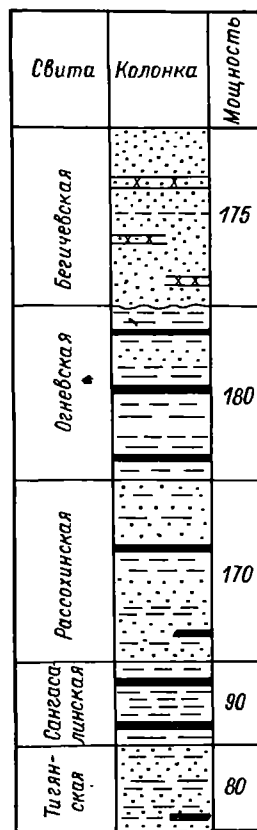


Рис. 5.3. Сводный разрез угленосных нижнемеловых отложений Хатангской впадины (по В. Н. Саксу и др. [Совещание..., 1972]).

1 — песчаники; 2 — пески; 3 — алевроиты; 4 — глины; 5 — угли.

отложений Донбасса, мощность которого превышает 2000 м. Весь разрез представлен монотонным чередованием песчаников и глин с пластами углей и известняков. Л. И. Лутугин [Чернышев Ф. Н., Лутугин Л. И., 1897], отметив значительную выдержанность пластов известняков, установил для некоторых, как правило наиболее мощных, индивидуальные литологические черты и особенности заключенной в них фауны и затем приурочил эти прослои к границам выделенных им свит. Прослеживая по площади подобные граничные прослои, Л. И. Лутугин сумел составить свою знаменитую геологическую карту Донбасса. Таким образом, вся мощная толща путем выделения определенных маломощных прослоев оказалась подразделенной на 15 свит. Эти характерные прослои получили затем название маркирующих.

Маркирующие прослои широко используются в геологии. В частности, с их помощью ведется структурная съемка. Однако особенно велико их значение в стратиграфии. Как мы видели, с помощью маркирующих горизонтов возможно расчленение мощных толщ, причем выделенные стратоны в этом случае имеют строго определенные границы. С помощью маркирующих горизонтов возможна и детализация разрезов отдельных свит.

Так, например, в сравнительно мощной (более 120 м) лопсинской свите кимеридж-нижневолжских глин, развитой на восточном склоне Приполярного Урала, имеется тонкий выдержанный пропласток известковистого битуминозного сланца, переполненный мелкими аммонитами (кардиоцератидами), в общем малохарактерными для уральского кимериджа, и двустворками. Местами порода переходит в слоистый битуминозный известняк. Мощность этого прослоя 0,1—0,2 м, он приурочен к

кровле зоны *Aulacostephanus sosvaensis* и прослежен с севера на юг более чем на 80 км. Благодаря присутствию этого маркирующего горизонта возможно более дробное расчленение лопсинской свиты непосредственно в поле, что важно при детальном геологических работах.

Разумеется, распространение маркирующих горизонтов также ограничено. Они могут выклиниваться, могут постепенно изменяться по литологическому составу, могут быть размыты. Упомянутый уже битуминозный прослой в лопсинских глинах на севере Северо-Сосьвинского бурогольного бассейна на расстоянии 10 км расщепляется на три прослоя, разделенные обычными глинами мощностью от 5 до 14 м, а затем исчезает вовсе. Маркирующие горизонты иногда протягиваются через толщи различного литологического состава, как это отмечается для бентонитовых или конкреционных прослоев. В этом случае они являются важным инструментом для межфациальных корреляций (рис. 5.4).

Маркирующими бывают не только отдельные прослои, но и сравнительно мощные толщи. Так, например, более чем 2,5-километровая юрско-меловая толща в бассейне р. Вилы отличается значительной невыдержанностью литологического

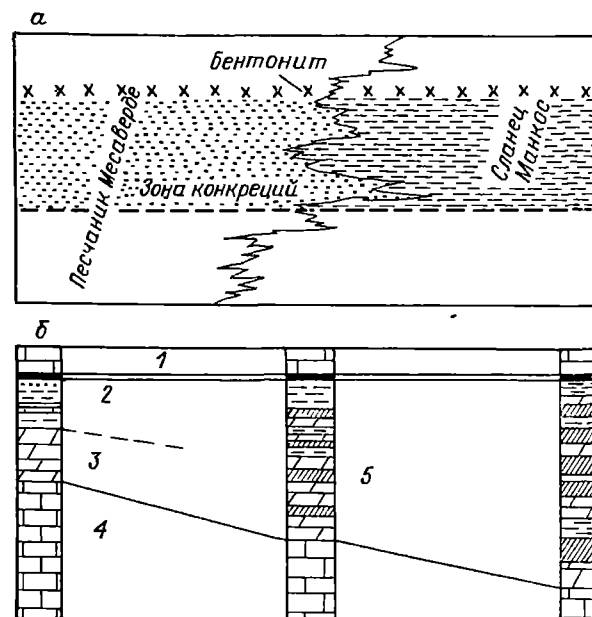


Рис. 5.4. Примеры стратиграфических корреляций с помощью маркирующих горизонтов (по В. К. Крумбейну, Л. Л. Слоссу [1960]).

а — корреляция разнофациальных отложений; б — установление изохронной подошвы свиты по маркирующему слою черных сланцев. 1 — известняк Мэдисон; 2 — сланец Трифоркс; 3—4 — формация Джефферсон (3 — доломитовая свита; 4 — свита известняка); 5 — ангидрит Потлатч.

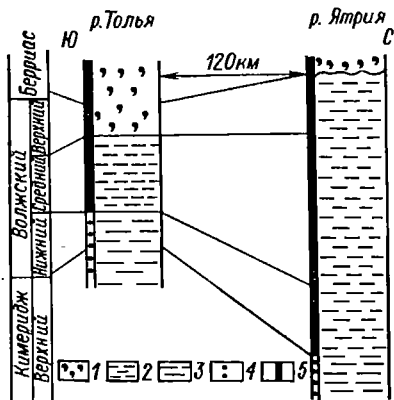


Рис. 5.5. Схематическое сопоставление разрезов верхнеюрских и нижнемеловых отложений на восточном склоне Приполярного Урала (по М. С. Месежникову). 1 — глауконитовые песчаники и гравелиты; 2 — алевролиты с карбонатными конкрециями и линзами ракушняка; 3 — глины; 4 — лопсинская свита; 5 — федоровская свита.

состава и малой контрастностью изменений зернистости пород по разрезу. Поэтому сопоставление разрезов здесь сопряжено со значительными трудностями, особенно в закрытых участках, где ввиду малого выноса породы основную информацию о разрезе дает каротаж скважин. В то же время в составе этой толщи на границе нижней и средней юры выдержанная пачка глин мощностью от 25 до 45 м, которая распространена повсеместно, очень четко выделяется на каротажных диаграммах и служит важнейшим репером при всех геологических сопоставлениях. Несмотря на то что возраст этой пачки, в последнее время выделяемой под названием сунтарской свиты, является предметом дискуссии и не остается, по-видимому, постоянным в периферических и центральной частях Вилюйской синеклизы [Кирина Т. И., 1976], она является, по существу, единственным надежным маркирующим горизонтом внутри всей юрско-меловой толщи региона.

Все приведенные соображения относились к случаям, когда имеются полные разрезы, доступные достаточно подробному изучению. Однако чаще геологу приходится описывать отдельные изолированные выходы и затем устанавливать их стратиграфические соотношения. Значительную помощь при этом может оказать знание последовательности смены различных типов пород в разрезе. В пограничных слоях верхней юры и нижнего мела на восточном склоне Приполярного Урала (рис. 5.5) синевато-серые глины (лопсинская свита) сменяются буровато- и желтовато-серыми глауконито-кварцевыми алевролитами с многочисленными карбонатными конкрециями или с четковидными прослоями и линзами ракушняка, которые еще выше по разрезу уступают место оолитовым глауконито-лептохлоритовым песчаникам и гравелитам (федоровская свита). Несмотря на то что на расстоянии примерно 120 км возрастное положение границ этих пачек не остается постоянным, их последовательность выдерживается. Это позволяет достаточно надежно

производить увязку отдельных выходов непосредственно в поле, до определения коллекций фауны.

Число подобных примеров очень велико. В то же время определение стратиграфического положения каких-либо пусть даже характерных слоев или пачек на основании установленной в ряде полных разрезов последовательности напластования имеет обычно провизорный характер и должно обязательно проверяться другими методами, и прежде всего биостратиграфическим. Действительно, сходные в литологическом отношении пачки, имеющие ограниченное распространение в пространстве, могут неоднократно появляться в разрезах и существенно менять иногда даже давно сложившиеся представления о последовательности напластования. Н. А. Богословский [1897] опубликовал очень точные описания рязанского горизонта (основание мела) в окрестностях г. Рязани между Никитино и Старой Рязанью. Он выделил в составе рязанского горизонта три слоя (снизу вверх): 1) глауконитовые пески с многочисленными фосфоритовыми желваками; 2) песчаники с фосфоритовыми желваками; 3) пески с редкими песчанисто-фосфоритовыми стяжениями.

Через 80 лет, описывая разрезы рязанского горизонта примерно в 50 км выше по течению р. Оки, группа геологов обнаружила у дер. Кузьминской пласт рязанского песчаника, который, судя по последовательности напластования, следовало бы сопоставить со средним слоем Н. А. Богословского. На самом же деле состав заключенной в обоих песчаниках фауны показал, что они являются самыми древними образованиями рязанского горизонта и должны располагаться в разрезе ниже слоя I Н. А. Богословского [Результаты..., 1977].

Особое значение при литостратиграфических построениях имеет полнота сведений о разрезе, поскольку прослеживание подразделений, основанных на определенных признаках вещественного или минерального состава, выполнимо лишь при возможности суждения о наличии этих признаков в каждом конкретном обнажении или скважине. Действительно, картируя какой-либо открытый район, геолог без труда будет отличать, например, последовательно залегающие толщи зеленых и черных глин и выделит их в соответствующие свиты (рис. 5.6). Но в соседнем закрытом районе об этой же части разреза иногда удастся судить только по данным каротажа скважин. При этом существенных отличий на каротажных диаграммах при переходе от черных глин к зеленым, естественно, уловить не удастся. В нижней части черных глин имеется сравнительно выдержанный прослой известняка, который явится четким электрокаротажным репером и, конечно, будет использован при расчленении единой глинистой толщи. Таким образом, в этом случае недостаток информации о разрезе приведет к тому, что в одной и той же толще будут выделены свиты, отличающиеся как по

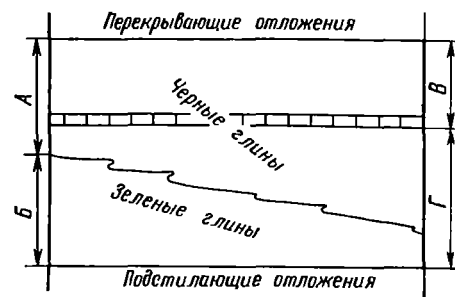


Рис. 5.6. Различные варианты проведения границ свит при изучении естественных выходов (слева) и по каротажу (справа).  
А, Б, В, Г — свиты.

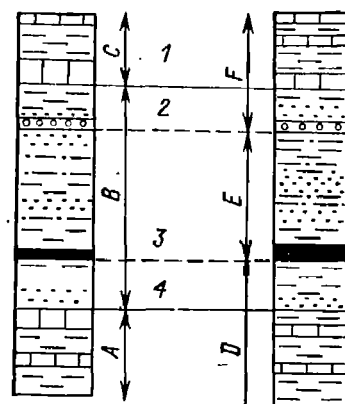


Рис. 5.7. Различные варианты расчленения хорошо сопоставимых разрезов (по В. К. Крумбейну, Л. Л. Слосу [1960]).  
А — F — свиты; подшоша: 1 — самого нижнего известняка верхней карбонатной толщи, 2 — слоя конкреций, 3 — угольного пласта, 4 — самого нижнего песчаника.

объему, так и по признакам, на основании которых они устанавливаются. В результате разрезы двух смежных районов, совершенно аналогичные по строению, окажутся несопоставимыми.

Между тем выделение литостратиграфических подразделений, основанных не на одних и тех же признаках, — явление достаточно широко распространенное. Зачастую оно обусловлено не столько разным уровнем информации, сколько большим числом признаков, которые могут быть положены в основу расчленения разрезов на отдельных участках. В. К. Крумбейн и Л. Л. Слосс [1960] приводят очень наглядный пример того, как в двух превосходно сопоставимых разрезах (имеется четыре маркирующих уровня) выделяются тем не менее разные по объему свиты, так как их границы установлены по различным маркирующим горизонтам (рис. 5.7). Если добавить к этому, что часто одни и те же признаки в разных разрезах выражены с различной интенсивностью (может меняться мощность и степень индивидуализации маркирующих прослоев) или, напротив, все признаки выражены одинаково ярко, так что выбрать среди них главные и второстепенные практически нельзя, то становится очевидной сложность литостратиграфического расчленения подобных толщ. Единственная возможность добиться однозначного выделения стратон в этих условиях — это сбор полных сведений о работах предшественников и обмен ин-

формацией, если работа одновременно ведется на разных участках.

Предположим, однако, что в ряде разрезов какого-либо региона литостратиграфические подразделения выделены однозначно. Их прослеживание по всей территории вновь выдвигает перед исследователем ряд проблем. Основная из этих проблем связана с фациальными замещениями и особенностями седиментации. Прослеживание по простиранию любого литологического тела показывает, что рано или поздно оно сменяется по горизонтали другим телом. Эта смена может быть резкой, если она обусловлена тектоническим контактом или размывом, или постепенной, путем плавного уменьшения мощности и расклинивания пачек с образованием языков. К. Данбар и Дж. Роджерс [1962] предложили прекрасную модель этого явления (рис. 5.8). Участки X и Z характеризуются своими наборами свит, разрез участка Y (промежуточного между X и Z) имеет сходство с разрезами обоих этих участков, но, кроме того, здесь появляются и свои литологические тела (пески S), а главное новые соотношения между различными литологическими пачками. Так, например, на участке X известняки образуют единую свиту H, а на участке Y эта свита расклинивается на известняки H и V, между которыми появляются глины W, и т. д. Если рассматривать участки X, Y и Z изолированно, то для каждого из них, по сути, придется создавать собственную литостратиграфическую схему, что затрудняет сопоставление этих участков и заставляет геологов запомнить бесконечное количество собственных названий. Однако если изучены еще и разрезы, промежуточные между рассмотренными участками, то количество выделяемых свит может существенно сократиться, а их соотношения стать более определенными. В частности, средняя глинистая толща может рассматриваться как серия N, включающая на участках X и Y свиты G, E и B и ряд клиньев (W, U, R).

Как уже отмечалось, свита выделяется на основании определенной общности литологического состава группы слоев. Эта общность, как правило, определяется сходными условиями осадкоотложения. Поскольку в разных частях бассейна седиментации эти условия возникают неодновременно, границы свиты не зависят от временных границ, а сами свиты обычно оказываются неоднородными при региональном их прослеживании, причем эта неоднородность обычно тем больше, чем длительнее время накопления свиты. Необходимо подчеркнуть, что, несмотря на принципиальную справедливость этого положения, сам факт возрастного скольжения свит должен быть строго подтвержден соответствующими биостратиграфическими данными. Установление неоднородности свиты только на основании общих геологических или палеогеографических представлений, как правило, является малоубедительным. Так, на-

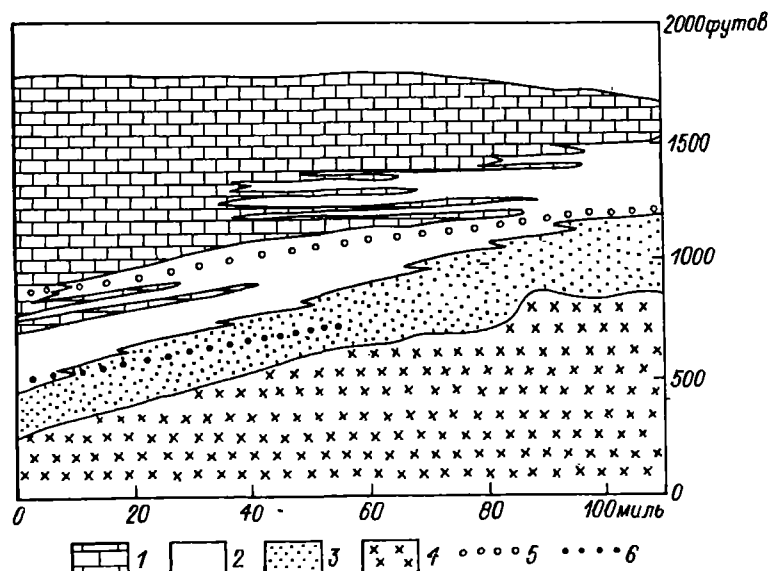
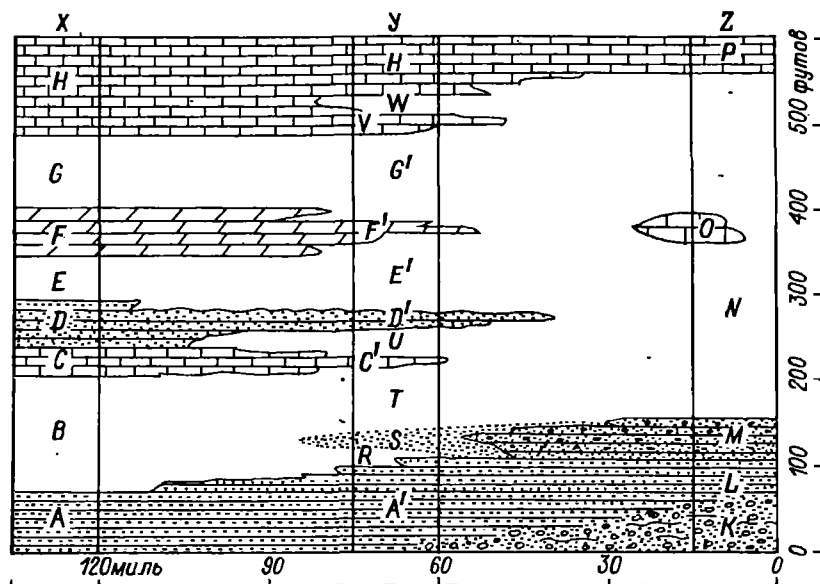


Рис. 5.8. Гипотетическая схема соотношения литостратиграфических единиц, обусловленная фациальными изменениями (по К. Данбару, Дж. Роджерсу [1962]).

Рис. 5.9. Соотношение лито- и биостратиграфических подразделений в Большом Каньоне (по Е. Мак-Ки [McKee, 1949]).

1 — известняки Мьюв; 2 — сланцы Брайт-Энджел; 3 — песчаники Типетс; 4 — докембрийские изверженные и метаморфические породы; 5 — низы зоны *Glossopleura* ( $\xi_2$ ); 6 — верхи зоны *Olenellus* ( $\xi_1$ ).

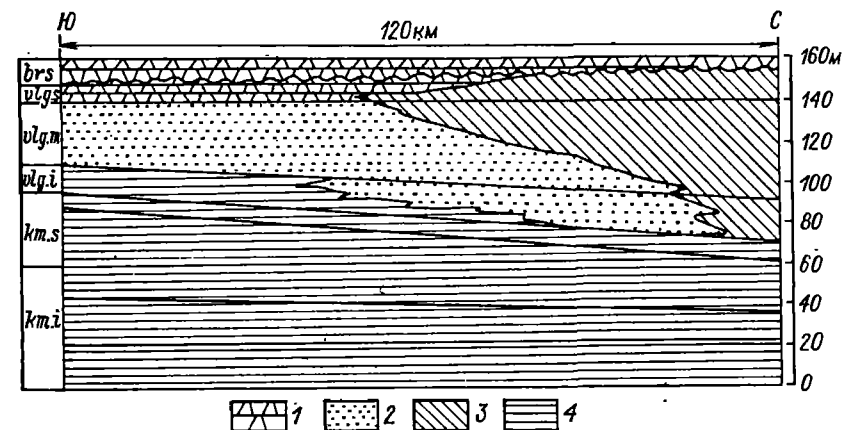


Рис. 5.10. Взаимоотношения свит и пачек верхней юры на восточном склоне Приполярного Урала.

Федоровская свита: 1 — глауконито-лептохлоритовые песчаники и гравелиты, 2 — алевролиты с карбонатными конкрециями, 3 — алевролиты с лизами и прослоями ракушияка; 4 — глины лопсинской свиты; кимеридж: *km. i* — нижний, *km. s* — верхний; подъярус волжского яруса: *vlq. i* — нижний, *vlq. m* — срединный, *vlq. s* — верхний; *bgs* — берриас.

пример, многочисленные биостратиграфические данные позволяют в настоящее время утверждать, что в Западной Сибири подошва марьяновской свиты темно-серых аргиллитоподобных глин на западе приурочена к нижней половине келловея, а на востоке и юго-востоке — к низам кимериджа [Булынникова А. А., Ясович Г. С., 1972]. В то же время принципиально справедливые, но составленные в значительной степени исходя из общих представлений о развитии бассейна и опирающиеся недостаточно солидную биостратиграфическую основу выдвинутой Л. Я. Трушковой [1969] о закономерном изменении возраста продуктивных свит неокома Западной Сибири не получили общего признания.

Диапазон изменения возраста литологических тел по площади бывает весьма различен. Так, геологический профиль кембрийских отложений Большого Каньона США, составленный Е. Мак-Ки (рис. 5.9), показывает, что эта неоднородность может измеряться зонами. На восточном склоне Приполярного Урала (рис. 5.10) колебание возраста отдельных пачек достигает подъяруса. На севере Восточной Сибири, по данным В. Е. Савицкого [1969а], изменения свит в кембрийских отложениях в ряде случаев измеряются уже ярусами (рис. 5.11). По-видимому, таков же диапазон изменения возраста подошвы усинской свиты нижнего кембрия в Алтае-Саянской области [Гинцингер А. Б., Винкман М. К., 1969]. Наконец, в пределах все того же Большого Каньона, по данным М. Уэллера, возрастные колебания девонских фаций достигают одного-двух отделов

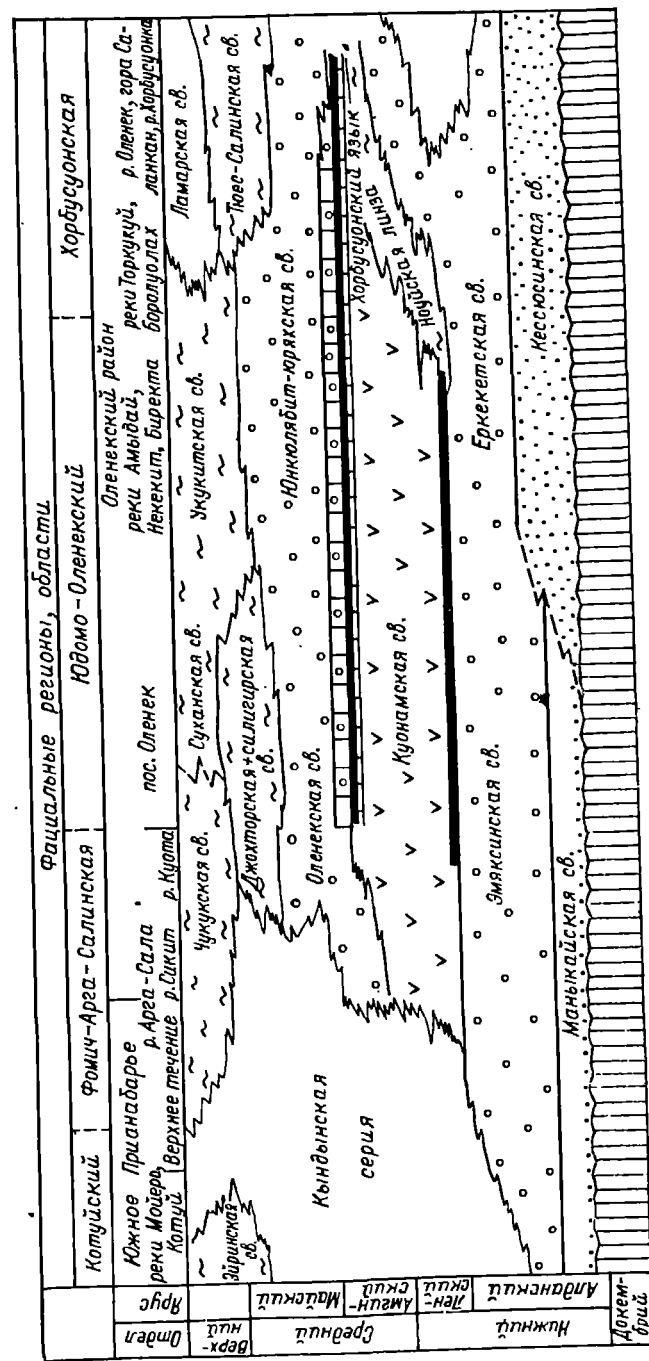


Рис. 5.11. Взаимоотношения свит кембрия на севере Восточной Сибири (по В. С. Савицкому [1969а]).

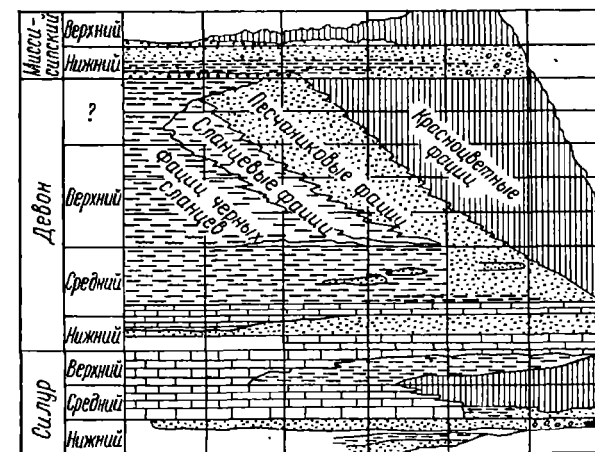


Рис. 5.12. Схема соотношения девонских фаций в штатах Огайо, Пенсильвания и Нью-Йорк, обусловленного «трансгрессией во времени» (по М. Уэллеру [Weller, 1960]).

(рис. 5.12). Вместе с тем далеко не всегда при литостратиграфических построениях геологи имеют дело с диахронными подразделениями.

Принципиальная возможность накопления однородной изотонной толщи была показана Н. Б. Вассоевичем [1950], который указал, что помимо миграционной слоистости, обусловленной перемещением береговой линии под влиянием тектонических колебаний дна бассейна седиментации, может возникать и мутационная слоистость, образующаяся в условиях фиксированной береговой линии. Последняя характерна для ленточных глин, турбидитов и т. п. Очевидно, что если в первом случае будут образовываться заведомо неоднородные слои, так как миграция береговой линии происходит во времени и вместе с ней перемещаются обстановки накопления определенных слоев, то во втором случае речь идет о накоплении в условиях стабильного пространства, что, следовательно, приводит к образованию изохронных слоев.

Дальнейшим развитием этой идеи послужило перенесение описанной модели слоеобразования на толщи, формирующиеся в условиях направленного перемещения береговой линии. Исходным моментом здесь явились представления о соотношении мощностей осадков и темпов прогибания бассейнов седиментации, разработанные В. В. Белоусовым [1940], В. Е. Хаиным [1964а, б] и А. Л. Яншиным, Р. Г. Гарецким [1960]. Согласно этим представлениям при недостаточном количестве поступающего материала происходит постепенное углубление бассейна,

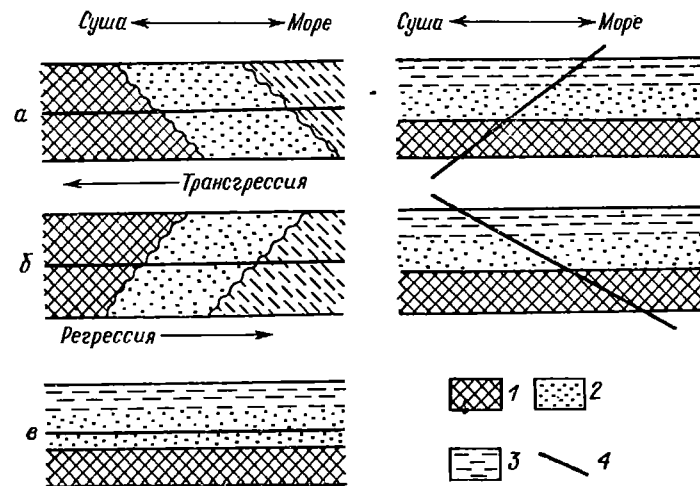


Рис. 5.13. Схема формирования осадочных толщ в прибрежно-морской обстановке при накоплении осадков, отстающем (а) от погружения, опережающем его (б) и равном ему (в) (по Д. А. Бушу [1977], упрощена). 1 — континентальные образования; 2 — пески; 3 — глины; 4 — изохрона.

при избытке материала — его обмеление, наконец, при соответствии поступающего материала и темпа прогибания бассейна становится стабильным. Основываясь на таких соотношениях, Д. А. Буш [1977] показал, что в прибрежно-морских условиях в первом случае будут формироваться трансгрессивные серии, во втором — регрессивные, наконец, в третьем случае перемещения береговой линии не будет (рис. 5.13).

Переноса эти выкладки на язык стратиграфа, мы должны констатировать, что при трансгрессиях будет происходить омоложение свит по направлению от центра бассейна к его периферии, при регрессиях, напротив, в этом же направлении свиты будут удревняться, а при постоянном положении береговой линии происходит накопление одновозрастных литологических тел. Разумеется, эти выводы приложимы лишь к непрерывно-прерывистому осадконакоплению, в понимании Дж. Баррелла, т. е. к условиям, в которых сходные обстановки могут быть распространены на весь рассматриваемый временной интервал или на значительную его часть. Так, например, хотя по данным А. А. Свиточа [1974] в различных разрезах кайнозоя Евразии сохранилось от 1 до 25% первоначально поступивших осадков, а в берриас-валанжинских разрезах северо-западного обрамления Западной Сибири по нашим данным соответственно от 2 до 5%, можно полагать исходя из биостратиграфических датировок, что осадконакопление в зафиксированных в этих разрезах обстановках продолжалось в течение всего рассматри-

ваемого временного интервала\*. В этом случае значение тектонического контроля несомненно. Но если вся толща формируется очень быстро и время ее формирования несопоставимо с длительностью интервала, который она фиксирует в разрезе, значение колебательных движений сводится к минимуму.

Например, если на мощной толще живетских известняков залегает пласт фаменских известняков с прижизненно захороненными в вертикальном положении морскими лилиями, а выше этого пласта следуют песчаники с артинскими гониатитами, говорить о тектонических движениях в фаменском веке, конечно, нельзя, так как время формирования такого пласта несопоставимо с длительностью фамена (7—8 млн. лет). Подобные примеры, однако, достаточно редки. Поэтому в геологической практике значительно чаще мы встречаемся со случаями, достаточно удовлетворительно объясняемыми описанными выше механизмами. Например, баженовская свита битуминозных аргиллитов, распространенная в Западной Сибири на площади более 1 млн. км<sup>2</sup> и отвечающая по времени образования максимуму позднеюрско-неокомской трансгрессии, охарактеризована в центральной части региона почти исключительно волжскими аммонитами. К западу, в направлении развития трансгрессии, в составе баженовской свиты появляются берриасские и валанжинские слои.

В бассейне р. Печоры в поздней юре происходили неоднократные трансгрессии и регрессии. Так, в конце оксфорда — начале кимериджа произошла обширная трансгрессия, охватившая практически весь бассейн. В позднем кимеридже началась регрессия, которая достигла максимума в ранневолжское время. К средневолжскому времени относится еще более широкое наступление моря, причем его границы были наиболее стабильными в начале мела. Взаимоотношения свит верхней юры и нижнего мела очень четко иллюстрируют эту схему: трансгрессивные замешинская и паромесская свиты омолаживаются к краям бассейна, в то время как стратиграфический объем парусащельской и щельской свит неокома остается постоянным на всей территории (рис. 5.14).

Литологические тела с относительно изохронными поверхностями формируются и при быстром наступлении моря на выровненную поверхность; именно так произошло образование удивительно выдержанной кузнецовской свиты глин тулона в западной половине Западной Сибири.

\* Выводы А. А. Свиточа основаны на сопоставлении наблюдаемых и расчетных мощностей. Последние вычислены исходя из данных по скоростям современного осадконакопления. Наши результаты получены путем выделения замкнутой системы область эрозии — область аккумуляции и подсчета первоначальной мощности исходя из однонаправленного перемещения осадка и его конечного объема. Однако, несмотря на принципиальную разницу методов, были получены вполне сопоставимые результаты.

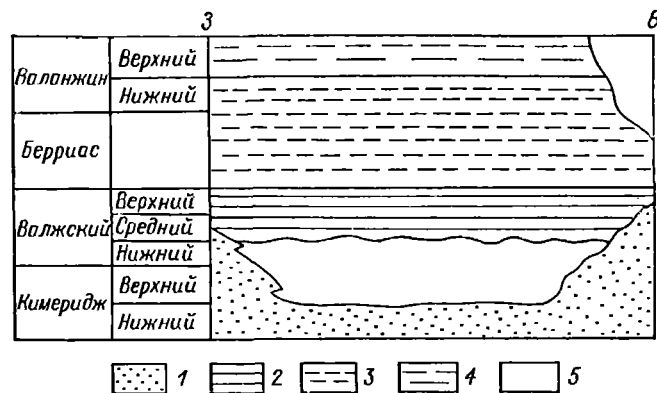


Рис. 5.14. Схема соотношения свит морских отложений верхней юры и нижнего мела в бассейне р. Печоры (по В. С. Кравец, М. С. Месежникову, Г. А. Слонимскому [1976]).

Свиты: 1 — замечинская, 2 — паромеская, 3 — парусащельская, 4 — щельская; 5 — отсутствие отложений.

Наконец, как уже отмечалось при рассмотрении каменноугольных отложений Донбасса, изохронные границы свит могут быть искусственными в тех случаях, когда эти свиты выделяются внутри мощной однородной толщи путем совмещения их кровли и подошвы с маркирующими горизонтами.

Приведенные примеры относились к расчленению и сопоставлению разрезов на основе литологического состава слагающих пород. Однако для этой цели возможно использование и других параметров вещественного состава осадочных толщ, и прежде всего их минералогической характеристики. Основной предпосылкой для использования минералогического состава пород для их корреляции явилось представление о смене во времени источников терригенного материала. В этих условиях состав минералов, и прежде всего минералов тяжелой фракции, должен указывать на состав разрушаемых в определенный отрезок времени изверженных и метаморфических пород [Батурин В. П., 1947]. В свою очередь это означает, что осадочные породы определенного состава, образовавшиеся в течение рассматриваемого временного интервала, будут характеризоваться определенным минералогическим составом тяжелой фракции. Эти вполне логичные предпосылки, однако, в геологической практике реализуются не столь прямолинейно.

Прежде всего, как уже отмечалось, основным источником обломочного материала при формировании осадочных толщ фанерозоя служат более древние осадочные же толщи. Естественно, при этом одни и те же минералы могут оказаться в слое и из размываемого во время его образования гранитного массива и из эродированного более древнего пласта. Таким образом, временные корреляции по терригенным компонентам не всегда

являются достаточно обоснованными. Далее, формирующаяся осадочная толща может иметь не один, а несколько источников питания, и тогда минералогический состав сравнительно разновозрастной свиты будет существенно меняться. Так, В. В. Забалуев [1976] показал, что при образовании аграфеновской свиты, залегающей в основании верхнемеловой толщи бассейна р. Вилюя, существовало два источника сноса: западный, откуда приносился дистен, и восточный, поставлявший роговую обманку, сфен и эпидот. В результате взаимного влияния этих источников терригенного материала в западной части ареала аграфеновской свиты она обогащена дистеном, а в восточной — роговой обманкой (рис. 5.15).

Третьим существенным фактором, влияющим на конечное распределение минералов в осадочной породе, является характеристика среды осаждения на конкретном участке поверхности области седиментации. Так, З. З. Ронкина [1965] указывает, что для нижнеготеривских отложений о. Бегичева содержание апатита в мелкозернистых песках и песчаниках колеблется от 0,2 до 42,1%, а содержание граната — от 3,2 до 60,3%. Наконец, многочисленными анализами установлено, что содержание акцессорных минералов существенно меняется в различных фракциях песчано-алевритовых пород. М. Е. Каплан [1976], например, установил, что в морских юрских и берриасских отложениях на севере Сибири мелкопесчаная фракция обогащена алман-

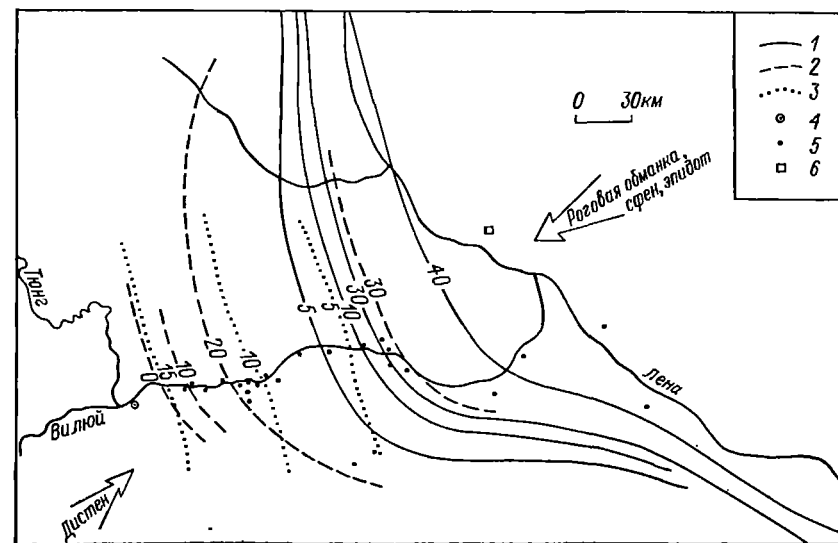


Рис. 5.15. Изменение содержания аллохтонных минералов в аграфеновской свите Западной Якутии (по В. В. Забалуеву [1976]).

1—3 — изолинии содержания минералов (1 — роговая обманка, 2 — эпидот, 3 — дистен); 4 — опорные скважины; 5 — колонковые скважины; 6 — обнажения.

дином, пироксенами, турмалином и сфеном, в то время как для крупноалевритовой фракции более характерны эпидот, роговая обманка и циркон (рис. 5.16). Естественно, непосредственная корреляция по терригенным компонентам в этих условиях разновозрастных песчаных и алевритовых пород становится весьма затрудненной.

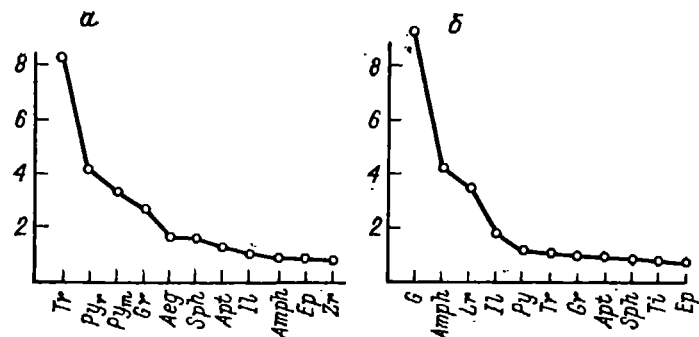


Рис. 5.16. Отношения средних содержаний тяжелых минералов мелкопесчаной и крупноалевритовой фракций в юрских отложениях бассейнов р. Удзи (а) и в беринских отложениях р. Баярки (б) (по М. Е. Каплану [1976]).



Рис. 5.17. Схема петрографо-минералогического районирования морского мезозойского бассейна севера Восточной Сибири (по М. Е. Каплану [1976], с упрощениями).

Провинции: 1 — Таймырская, 2 — Усть-Анабарская, 3 — Усть-Ленская, 4-5 — Хатангско-Анабарская, 6-7 — Оленёкская, 8-10 — Молодо-Шайтанская, 11 — Восточно-Якутская. Заштрихованы области размыва.

Все эти данные позволяют считать, что использование минералогических характеристик для сопоставления разрезов должно производиться с соблюдением ряда условий. Прежде всего необходимо определение ареала той или иной минеральной ассоциации, что достигается путем составления для каждого временного интервала карт терригенно-минералогического районирования [Гроссгейм В. А., 1961; Каплан М. Е., 1976] (рис. 5.17). Лишь после этого возможно использование минералогических анализов для сопоставления разрезов в качестве существенного дополнения к другим методам корреляции. Важно отметить при этом, что корреляция по терригенным компонентам особенно эффективна при отнесении пород к какому-либо минералогическому горизонту, но она существенно менее ценна при обосновании и прослеживании границ.

В частности, результаты анализов терригенных компонентов оказываются достаточно эффективными при сопоставлении изолированных выходов континентальных или бедных палеонтологическими остатками морских толщ. Так, например, многочисленные выходы континентального верхнего мела в бассейне р. Вилюя оказались достаточно надежно сопоставленными в значительной степени благодаря тому, что была установлена определенная минералогическая характеристика отдельных свит [О возрасте..., 1976]. Четкие минералогические характеристики были получены и для морских мезозойских толщ севера СССР [Ронкина З. З., 1965; Каплан М. Е., 1976] (рис. 5.18, 5.19). Однако при использовании всех этих данных следует учитывать их статистический характер и потому, особенно в непрерывных сериях, невозможность использования их в качестве первичных при хроностратиграфических корреляциях.

Показательна в этом отношении история установления юрско-меловой границы в континентальных угленосных отло-

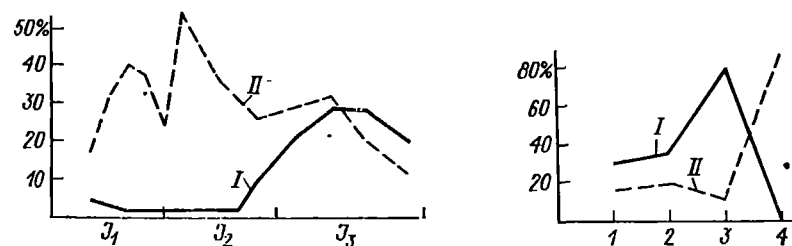


Рис. 5.18. Изменение содержания тяжелых минералов в юрских отложениях Северной Сибири (по З. З. Ронкиной [1965]).  
I — сфен; II — титанитовые минералы.

Рис. 5.19. Изменение содержания тяжелых минералов в меловых отложениях Западной Якутии (по В. В. Забалусу).

I — аграфеновская свита; 2 — нижнечиримыйская подсвита; 3 — верхнечиримыйская подсвита; 4 — линденская свита. I — гранат, II — рудные минералы.

жениях Западной Якутии. Эта граница была установлена на основании разделения флористических комплексов в немногочисленных разрезах, в которых к ней было приурочено обогащение нижнемеловых слоев эпидотом. Это послужило основанием проводить границу юры и мела в основании «эпидотового горизонта» и в других разрезах, не столь полно охарактеризованных флорой. Однако по мере накопления материала выяснилось, что нижнемеловая флора в ряде разрезов найдена ниже подошвы «эпидотового горизонта», который, таким образом, потерял значение хроностратиграфического маркера.

Принципиально возможны и иные способы использования для стратиграфической корреляции результатов минералогических и гранулометрических анализов, в частности корреляция по типоморфным особенностям минералов или соотношению различных фракций. Однако применение всех этих методов также ограничивается жестким фациальным контролем.

Аналогично и использование ряда геохимических показателей, в частности содержания и соотношения определенных элементов. Благодаря широкому внедрению спектроскопии геологи получили возможность массового и оперативного определения содержания химических элементов в породе. Но использование этих данных как непосредственно, так и путем идентификации геохимических условий осадконакопления также существенно ограничивается не только фациальной изменчивостью, но и катагенетическим преобразованием пород.

### 5.1.2. Каротаж скважин

Электрокаротаж является наиболее широко распространенным методом геофизического исследования скважин. Суть его состоит в непрерывном измерении по необсаженному стволу скважины естественных (спонтанных) потенциалов (ПС), т. е. потенциалов, возникающих главным образом при взаимодействии промывочной жидкости и пластовых вод, и кажущегося удельного сопротивления горных пород (КС), обусловленного преимущественно удельным сопротивлением поровых вод и отчасти сопротивлением самой породы. Измерение естественных потенциалов производится двухэлектродной установкой, один электрод которой остается на поверхности, а второй спускается в скважину. Измерение кажущихся сопротивлений выполняется четырехэлектродной системой, три электрода которой образуют каротажный зонд, спускаемый в скважину, а четвертый устанавливается на поверхности вблизи ее устья.

Различия в проницаемости и абсорбционно-диффузионных свойствах горных пород обуславливают возможность диагностики основных типов терригенных, глинистых и карбонатных отложений по кривым ПС и КС (рис. 5.20, 5.21).

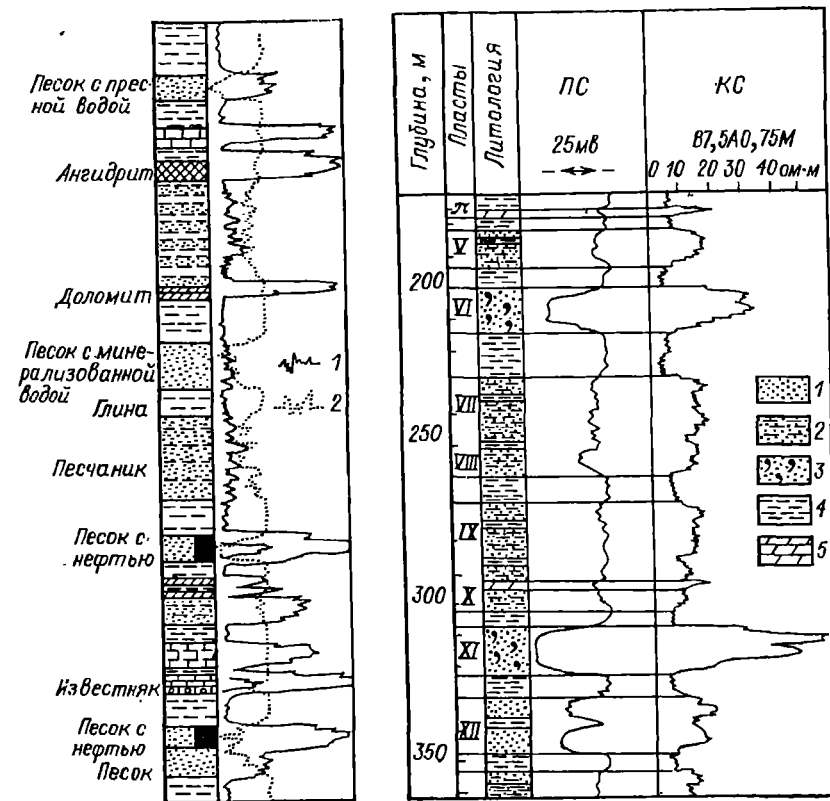


Рис. 5.20. Определение литологического состава пород, степени их водо- и нефтенасыщенности по данным электрокаротажа (по М. Уэллеру [Weller, 1960]).

1 — кривая КС, 2 — кривая ПС.

Рис. 5.21. Пример кривых электрокаротажа песчано-глинистых отложений (по С. С. Итенбергу [1972]).

1 — пески и слабоцементированные песчаники водоносные; 2 — глинистые пески и песчаники слабоцементированные; 3 — пески и песчаники нефтеносные; 4 — глины; 5 — мергели.

В частности, если принять за эталон кривую ПС глины, то вследствие более легкой диффузии глинистого раствора и небольшой абсорбционной активности самой породы пески и песчаники, а также пористые и трещиноватые карбонаты будут выделяться на каротажной диаграмме минимумами значений естественных потенциалов, причем эти минимумы будут выражены тем отчетливее, чем меньше глинистого материала содержат песчаные или карбонатные пласты.

Напротив, кажущиеся сопротивления пород в скважине, прямо пропорциональные их проницаемости, естественно, ока-

зываются максимальными у наиболее проницаемых пород — песков и песчаников, причем если в песчаных пластах вода замещается нефтью, то кажущееся сопротивление растёт ещё больше. Карбонатные породы также характеризуются максимумами на кривой КС, однако в силу зачатую неравномерного распределения пор и трещин относительные сопротивления их резко меняются по разрезу при сохранении литологического состава, а трещиноватые зоны в них иногда выделяются по снижению значений КС. Значения КС горючих пород, естественно, зависят от степени минерализации пластовых вод; они значительно понижаются, если пласты содержат высокоминерализованные воды, вследствие чего сопротивления глин могут в отдельных случаях значительно превышать сопротивление водоносных песков [Итенберг С. С., 1972].

Радиоактивный каротаж основан на измерении интенсивности естественного радиоактивного излучения осадочных пород (гамма-каротаж) или на изучении взаимодействия источников радиоактивного излучения и горючей породы (гамма-гамма-каротаж и нейтронный каротаж). Наибольшее значение при интерпретации геологических разрезов получил гамма-каротаж (ГК), применяемый как в необсаженных, так и в обсаженных скважинах. Гамма-каротаж сводится к измерению интенсивности гамма-излучения горючих пород за счёт содержащихся в них тория, урана и радиоактивного изотопа калия  $^{40}\text{K}$ . По значениям естественной радиоактивности осадочные породы делятся на три группы:

а) высокой радиоактивности; к ним относятся битуминозные глины, аргиллиты и глинистые сланцы, калийные соли, а также современные глубоководные осадки — глобигериниовые и радиоляриевые илы;

б) средней радиоактивности — глины (морские и пресноводные), глинистые песчаники и известняки, мергели, глинистые доломиты;

в) низкой радиоактивности — ангидриты, гипсы, доломиты, известняки, песчаники, иногда каменные угли.

Как видно из приведенного обзора, наличие глинистого материала в целом ведёт к увеличению естественной радиоактивности горючих пород в связи с высокой адсорбционной способностью глин. Положительные аномалии ГК могут отмечаться и при проходке монацитовых и других обогащённых радиоактивными минералами песков. Несмотря на то что в общем виде интенсивность гамма-излучения горючих пород пропорциональна содержанию в них радиоактивных минералов, она зависит и от плотности самой породы, так как с увеличением плотности возрастает поглощение гамма-излучения породой и соответственно уменьшается поток, измеряемый зондом. Наконец, на интенсивность естественного гамма-излучения оказывает влияние радиоактивность пластовых вод. В частности, повышенной радиоак-

тивностью характеризуются высокоминерализованные хлор-кальциевые воды.

Остальные виды гамма-каротажа применяются главным образом для решения специальных вопросов нефтяной геологии — определения местоположения пористых пластов и трещиноватых зон, зон нефтегазонасыщения и т. п. Этим же целям служат в основном и некоторые другие виды каротажа — акустический, термокаротаж и кавернометрия.

Использование данных каротажа для расчленения и корреляции разрезов скважин. Каротажные методы изучения скважин дают исключительно полные сведения о разрезе. Непрерывность записей различных показателей имеет важное преимущество перед отбором керна, который никогда не бывает полным. Поэтому если керн характеризует лишь отдельные интервалы пройденного разреза, то каротажные диаграммы показывают его строение в целом.

Методике интерпретации результатов геофизического исследования скважин в отечественной литературе посвящён ряд руководств, из которых прежде всего следует отметить труды В. А. Долицкого [1966] и С. С. Итенберга [1972].

Каротажные методы изучения скважин в общем виде дают возможность судить лишь о порядке чередования в разрезе различных типов пород и о мощности отдельных пластов и пак. Поэтому дальнейшее использование данных каротажа для целей стратиграфии в принципе аналогично литологическим методам расчленения и корреляции разрезов. При этом, однако, следует учитывать, что при каротажных сопоставлениях разрезов, без использования каменного материала, геологи не имеют возможности судить о таких существенных при литолого-стратиграфических построениях параметрах, как цвет, текстура и минеральный состав породы. Поэтому совершенно очевидно, что сопоставление по каротажу необходимо увязывать с данными по изучению керна и что эти сопоставления будут тем достовернее, чем теснее такая увязка.

Каменный материал из скважин необходим и для правильной интерпретации самих каротажных диаграмм. Известно, что наиболее достоверные данные каротаж даёт при бурении скважины в песчано-глинистых слабоуплотнённых породах. При уплотнении горючих пород их электрокаротажные характеристики становятся менее индивидуализированными, и, в частности, аргиллиты, крепкие мелкозернистые алевролиты и глинистые карбонатные породы представлены на диаграммах сходными кривыми.

В малопористых сцементированных породах отличия электрокаротажных характеристик алевролитов, песчаников и карбонатов нивелируются ещё более. В карбонатном разрезе геофизические исследования скважин дают возможность выделять лишь глинистые разности [Итенберг С. С., 1972].

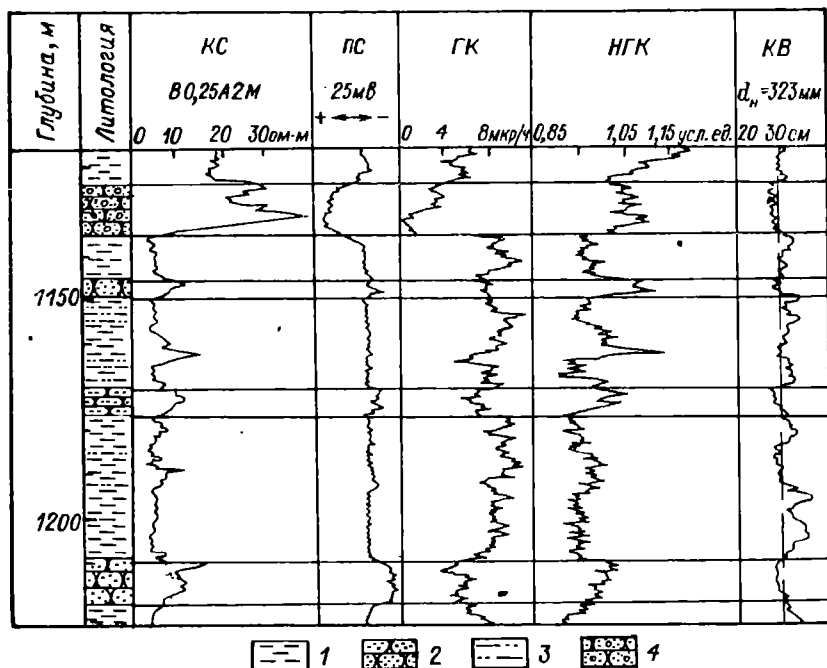


Рис. 5.22. Выделение в разрезе глинистых и песчаных пород по комплексу промыслово-геофизических данных (по С. С. Итенбергу [1972]).  
1 — глина; 2 — песчаник; 3 — глина песчанистая; 4 — песчаник нефтеносный.

В известной степени эта ограниченность отдельных методов каротажа может быть преодолена их комплексированием (рис. 5.22), но в общем случае необходимы дополнение и корректировка каротажных данных материалами керна, проб, полученных боковыми пробоотборниками, и шлама. Поэтому представляется необходимым в пределах каждой изучаемой площади бурить скважину с достаточно полным отбором керна, а также отбирать его из ряда других скважин не только для суждения о коллекторских свойствах продуктивных пластов, но и для определения степени их выдержанности по комплексу литологических и палеонтологических данных. В этом случае каротаж скважин действительно позволяет составить исчерпывающее представление о геологическом строении месторождения, дает возможность установить все взаимоотношения пород в пределах изучаемой структуры (рис. 5.23).

Важно отметить, что каротаж является формальной регистрацией определенных характеристик. Эти характеристики в пределах ограниченного района, для которого известен как сводный разрез, так и степень уплотненности пород, минерализация подземных вод и т. п., будут с большой долей вероятно-

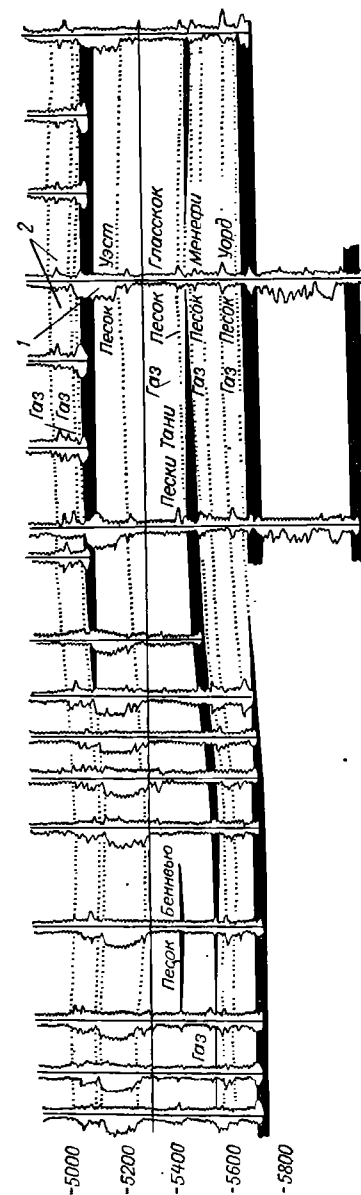


Рис. 5.23. Сопоставление скважин на месторождении Уэст-Рейндж, Техас, по электрокаротажу (по К. Данбару, Дж. Роджерсу, [1962]).  
Слева — кривые КС, сп ва — кривые ПС, 1 — газ, нефть, вода; 2 — маргинальный песок.

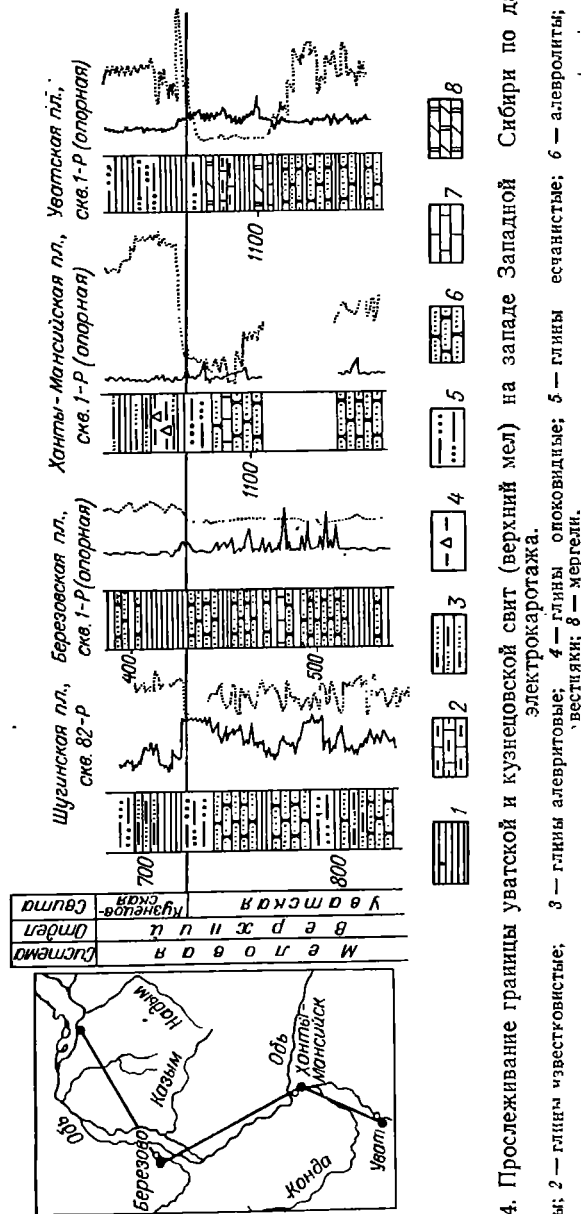


Рис. 5.24. Прослеживание границы уватской и кузнецовской свит (верхний мел) на западе Западной Сибири по данным электрокаротажа.

1 — глины; 2 — глины известковистые; 3 — глины алевроитовые; 4 — глины опоконидные; 5 — глины естественные; 6 — алевролиты; 7 — известняки; 8 — мергели.

сти связаны с определенными литологическими разностями. Но за пределами этого района, на практике отвечающего обычно разбуриваемой структуре, изменяются по крайней мере детали строения разреза, степень минерализации пластовых вод и поэтому детали каротажные сопоставления, оправдывающие себя при корреляции близко расположенных скважин, оказываются мало коррективными при региональных построениях. Поскольку, как правило, отдельные пласты и пачки не имеют индивидуальной каротажной характеристики, а выделяются на диаграммах лишь по контрасту с выше- и ниже лежащими отложениями, их далекое прослеживание неизбежно может проводиться лишь способом отсчета от какого-либо регионального репера. Естественно, при этом выклинивание какого-либо пласта будет приводить к ошибочным или во всяком случае к неоднозначным и, следовательно, недостоверным сопоставлениям.

Однако результаты геофизического исследования скважин иногда могут применяться и для региональных стратиграфических корреляций, в частности для прослеживания границ выдержанных литологических тел. Так, например, в западной части Западно-Сибирской низменности региональным распространением пользуются кузнецовские глины (турон — коньяк). Эта маломощная (до 40—50 м) морская свита перекрывает подстилающие солоноватоводные глинисто-алевритистые образования уватской свиты. Вследствие отчетливой разницы в литологическом составе подошва кузнецовской свиты очень четко устанавливается на каротажных диаграммах, главным образом по кривой ПС (рис. 5.24). Этот репер прослеживается более чем на 1 тыс. км. В то же время верхняя граница кузнецовской свиты на каротажной диаграмме практически неразличима, так как более алевроитистые, но кремнистые глины вышележащей березовской свиты, несмотря на явные литологические отличия, имеют сходную электрокаротажную характеристику. Поэтому, проводя подобные сопоставления, следует учитывать, что речь идет только об идентификации литологической границы и что эта граница совершенно необязательно должна быть изохронной. В частности, результаты последних исследований (З. И. Булатова, Л. С. Мицкевич) показали, что, судя по изменениям комплексов фораминифер, кузнецовская свита перекрывает уватскую с размывом, амплитуда которого неодинакова в разных районах низменности.

### 5.1.3. Ритмостратиграфия

К ритмостратиграфии в широком ее понимании относятся расчленение и сопоставление осадочных толщ, основанные на использовании неоднократного чередования в разрезах сходных явлений или признаков. По меткому выражению В. А. Зубкова, отдельно взятые ритмостратиграфические границы недо-

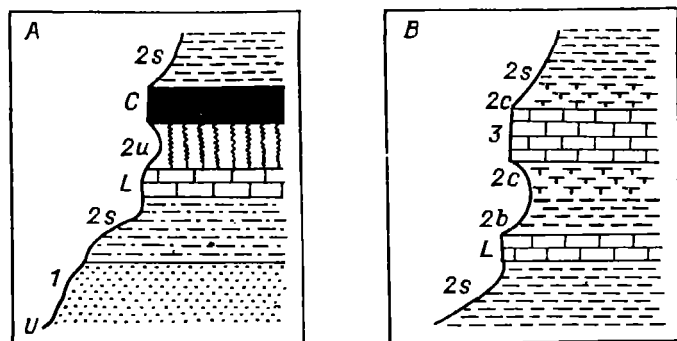


Рис. 5.25. Примеры циклотем из пенсильванских отложений Северных Аппалачей (по М. Уэллеру [Weller, 1960]).

статочии индивидуальны для опознания и поэтому главным при выделении ритмостратиграфических подразделений является сама ритмическая природа толщ, выражающаяся в закономерном повторении определенных признаков. На этом основании можно говорить о ритмостратиграфических подразделениях, основанных на повторении диастрофических фаз, периодических изменениях климата или повторении одних и тех же наборов пород. Изучение чередования различных типов пород в разрезе и составляет существо ритмостратиграфии в узком смысле.

Изучение мощных угленосных толщ карбона Иллинойса и Донбасса, а затем и других угленосных бассейнов мира показало, что эти толщи состоят из большого числа одинаково построенных пачек. Так, например, подобные пачки в пенсильванских отложениях Иллинойса имеют, по М. Уэллеру [Weller, 1960], следующее строение (в скобках символы, употребляемые М. Уэллером): песок (1), глина (2), известняк (3), глина (2), песок (1) или в более полиных циклах: песок (1), алевроит (2s), глина (2b), известковистая глина (2c), известняк (3), известковистая глина (2c), глина (2b), алевроит (2s), песок (1). Как мы видим, эти несколько идеализированные разрезы имеют четкое симметричное строение, отражающее постепенное развитие трансгрессии, достигающей максимума в момент отложения известняков, после которого наступает регрессивная часть цикла. Более распространены, однако, несимметричные циклы (ритмы), которые включают как морские (в верхней части), так и неморские угленосные отложения. Такие ритмы разделяются резкими поверхностями несогласия. Самые верхние слои ритмов обычно указывают на начало регрессии. На рис. 5.25 изображены два таких ритма. Ритм А, трансгрессивный, начинается слоем песка (1), залегающего с разрывом на подстилающих породах (U). Выше следуют алевроиты (2s), пропласток неморского известняка (L), шоколадные глины (2u),

...оль (C), алевроиты (2s), которые могут быть морскими. Ритм В включает преимущественно морские отложения и построен почти симметрично. Наиболее полиный ритм, включающий оба приведенных типа, имеет следующее строение: 1 — песчанник, несогласно залегающий на подстилающих породах (1); 2 — песчаннистый глинистый сланец (2s); 3 — пресноводный известняк (L); 4 — шоколадная глина (2u); 5 — пласт угля (C); 6 — глинистый алевроит (2s); 7 — леиточный морской известняк (L); 8 — листоватый глинистый сланец с карбонатными конкрециями (2b); 9 — известковистая глина (2c); 10 — морской известняк (3); 11 — алевроитовый сланец с сидеритовыми конкрециями (2s). Затем разрез повторяется.

Мощность подобных пачек, названных М. Уэллером циклотемами, составляет около 15 м. Фациальная интерпретация циклотемы приводит к выводу, что разрез начинается континентальными или прибрежно-континентальными отложениями, которые постепенно сменяются прибрежно-морскими, мелководно-морскими, отложениями открытого моря и вновь мелководно-морскими осадками. Полиного повторения исходных фаций не наблюдается, по-видимому, благодаря размыву.

Открытие циклотем побудило геологов искать аналогичные проявления ритмичности более мелких и более крупных порядков. Примеры наиболее мелкой ритмичности дают озерные леиточные глины, которые сложены частым чередованием тонких опесчаненных и тонкоотмученных слойков. Два таких слойка образуют годичный цикл, отвечающий весене-летию обильному привносу материала (относительно грубые породы) и медленному осаждению в зимнее время (тонкоотмученные породы). Годичные леиточные циклы, или варвы, были открыты Г. де Геером в четвертичных отложениях. Однако впоследствии оказалось, что подобные варвы встречаются и в более древних толщах и образуются не только в приледниковых бассейнах. В частности, варвы описаны из триасовых и пермских бассейнов Центральной Европы. Варвы характерны также для солеродных и мелководных бассейнов, в которых образуются хемогенные осадки, накапливающиеся в тесной связи с сезонным изменением температур (рис. 5.26).

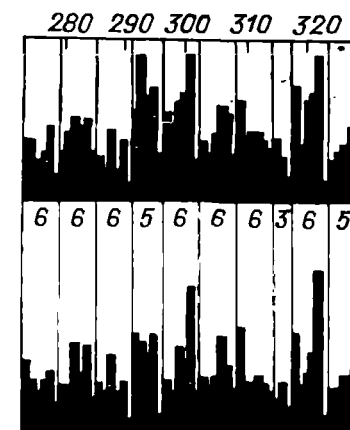


Рис. 5.26. Диаграммы леиточной слоистости пермского ангидрита из двух скважин на севере ФРГ (по Г. Рихтеру-Бернбургу [Ботвинкина, 1962]).

Верхние цифры — порядковые номера варв, нижние — число слоев в варве. Высота столбцов пропорциональна мощностям.

Г. Рихтер-Берибург, изучавший леиточную слоистость ангидритов цехштейна на севере ФРГ, пришел к выводу, что в обширном бассейне площадью около 100 000 км<sup>2</sup> в весенне-летний период происходило осаждение ангидрита, а в осенне-зимний — накопление тонких прослоев битуминозного (за счет отмирания плактона) известняка. В разрезах фиксируется от 900 до 1200 варв, причем 800 из них прослежены на всей территории бассейна.

Более крупную ритмичность по сравнению с варвами показывает флиш, мощные толщи которого столь широко развиты в геосинклинальных областях. Флишевые толщи сложены частым чередованием обычно двух-трех типов пород. Для кавказского флиша, например, наиболее характерно чередование песчаников, мергелей и глин, причем мощность каждого ритма флиша колеблется от 10 до 30 см. Н. Б. Вассоевич [1948] предложил простой и очень эффективный метод сопоставления разрезов флишевых толщ с помощью построения ритмограмм, поскольку, как и для варв, наиболее характерной особенностью флиша является выдержанность некоторых аномальных по мощности прослоев. Построение ритмограмм (рис. 5.27) сводится к выделению в разрезе ряда ритмов и затем к изображению каждого ритма со всеми его элементами, в виде горизонтального отрезка. Соединение отрезками прямой значений мощностей отдельных элементов ритма позволяет получать наглядные графики, наиболее характерные пики которых могут использоваться в качестве реперов при сопоставлении в общем монотонных и не имеющих маркирующих горизонтов разрезов.

Наряду с ритмичностью, более мелкой по сравнению с обычными циклотемами, была установлена закономерная смена литолого-фациального состава и весьма крупных толщ осадочных пород. Наиболее наглядным примером служат мощные угленосные континентальные серии, в составе которых хорошо заметно чередование угленосных и песчаных безугольных свит, как это видно в разрезе нижнемеловой континентальной угленосной толщи бассейна р. Хатаиги (см. рис. 5.3).

Не менее характерна крупная ритмичность и для морских серий. Так, по данным В. Н. Сакса и З. З. Ронкиной, преимущественно морская толща южной-средней юры ийзовьев Енисея (Усть-Енисейская впадина) образована чередованием мощных (70—250 м) пачек преимущественно глинистых и преимущественно песчано-алевритовых пород, которые составляют ряд крупных ритмов, начинающихся глинистыми и заканчивающихся песчаными отложениями. Наличие такой широкой гаммы ритмичности осадочных толщ позволило разработать ряд классификаций, основанных главным образом на продолжительности ритмов от 1 года до сотен миллионов лет [Балуховский Н. Ф., 1966]. Однако циклы значительной продолжительности

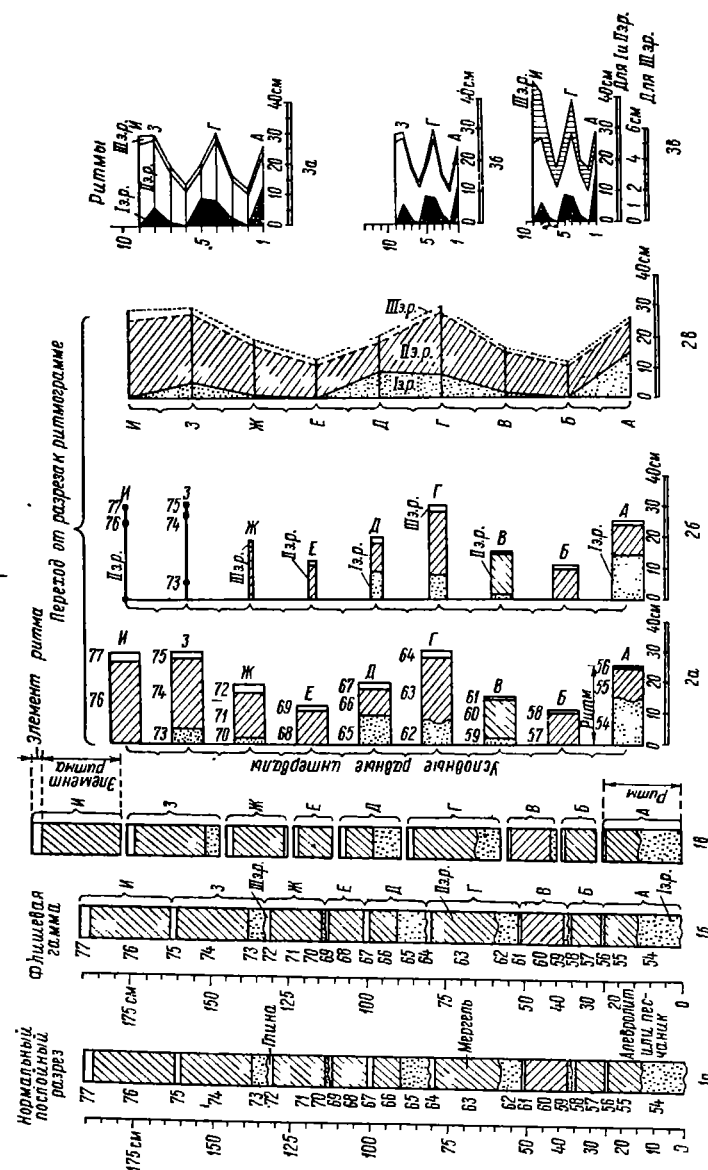


Рис. 5.27. Методика построения ритмограмм (по Н. Б. Вассоевичу [1948]).

устанавливаются главным образом по общегеологическим данным.

Л. Б. Рухин [1955] разработал классификацию ритмов, основанную на положении разрезов относительно области сноса и на степени устойчивости погружения участка седиментации (рис. 5.28). Эта классификация включает бассейновые, паралические и лимнические ритмы, каждый из которых содержит

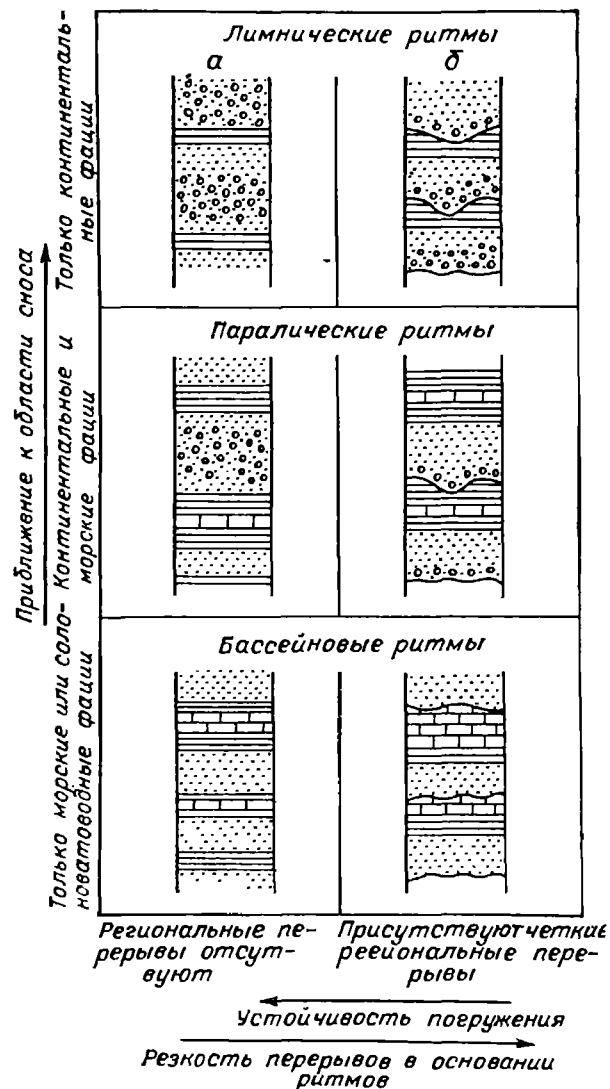


Рис. 5.28. Классификация ритмов (по Л. Б. Рухину [1955]).

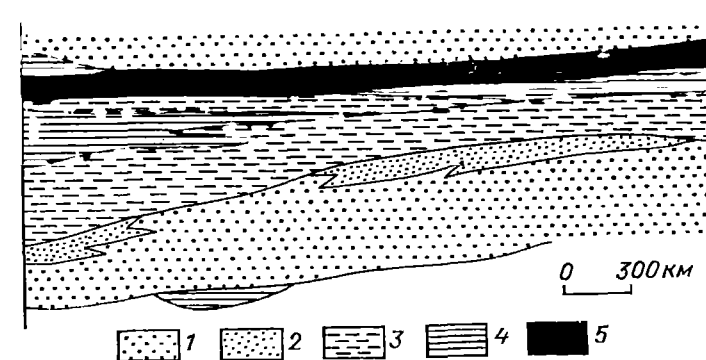


Рис. 5.29. Изменение строения ритмов по простиранию в угленосной толще Буренского бассейна (по Т. Н. Давыдовой и Ц. Л. Гольдштейн [Рухин Л. Б., 1955]).

1 — грубозернистые отложения русел; 2 — отложения паводков; 3 — отложения руслового пойменного комплекса; 4 — болотные отложения; 5 — угли.

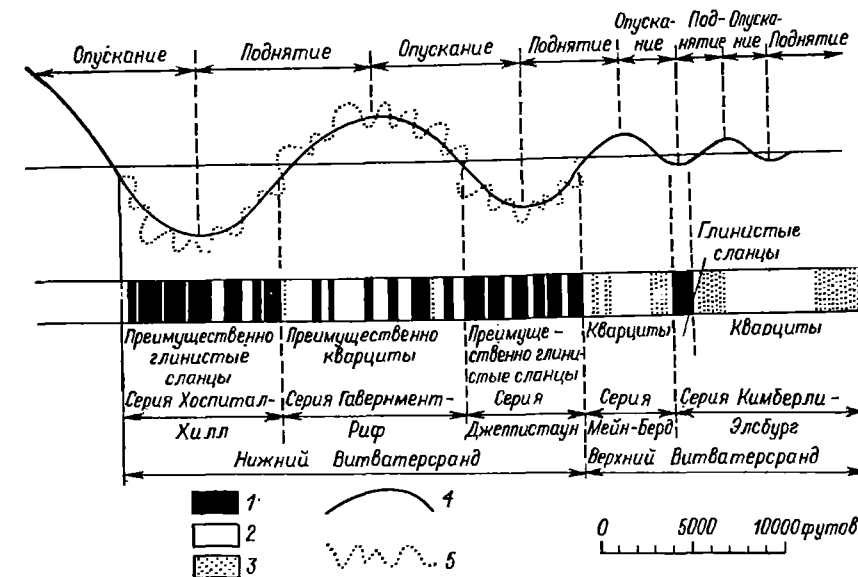


Рис. 5.30. Диаграмма циклического осадконакопления системы Витватерсранд (по П. Даффу, А. Халламу, Э. Уолтону [1971]).

1 — глинистые сланцы; 2 — кварциты; 3 — кварцевые конгломераты; 4 — первичные осцилляционные ритмы; 5 — вторичные седиментационные циклы.

разрезы с четко выраженными перерывами и относительно непрерывными. По-видимому, классификация Л. Б. Рухина наилучшим образом отражает в самой общей форме всю сложную гамму явлений, приводящих к образованию ритмичности раз-

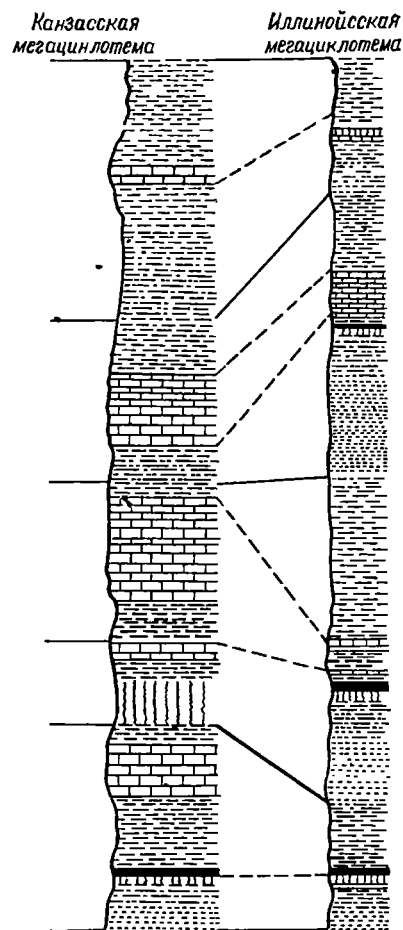


Рис. 5.31. Сопоставление канзасской и иллинойской циклотем (по П. Даффу, А. Халламу, Э. Уолтону [1971]).

иного порядка. Эта классификация, в частности, дает ответ на наиболее важный для стратиграфа вопрос, насколько выдержанны ритмы и, следовательно, насколько они применимы для детальной корреляции разрезов. Основываясь на схеме Л. Б. Рухина, можно полагать, что в зависимости от устойчивости прогибания полнота и состав ритмов могут меняться. Действительно, имеются многочисленные примеры выпадения отдельных элементов ритмов или их фациальных замещений. Так, Т. Н. Давыдова и Ц. Л. Гольдштейн (рис. 5.29) показали, что в угленосной толще Буренинского бассейна меняются соотношения пойменных и болотных фаций, хотя повсеместное развитие грубых русловых песков и пласта угля позволяет достаточно уверенно диагностировать ритм в целом.

Природа ритмичности приходится в тесной связи с длительностью образования и мощностью ритмов. В отношении варв все исследователи единогласны в том, что их образование связано с годовыми климатическими циклами. Н. Б. Вассоевич считал, что образование флиша связано с осцилляционными колебаниями дна бассейна седиментации, однако в настоящее время большинство советских и зарубежных геологов отдают предпочтение совместному влиянию мутьевых потоков и донных течений. Более крупные ритмы естественно связывать с комбинированным влиянием крупных поднятий и опусканий и более мелких осцилляций (рис. 5.30), хотя, как отмечают многие геологи [Даибар К., Роджерс Дж.; 1962, Дафф и др., 1971], не всегда такое объяснение полностью удовлетворяет исследователей.

Закономерная смена пород в разрезах дает большие возможности геологам для сопоставления этих разрезов. Для наи-

более мелкой ритмичности типа варв и флиша наиболее надежным является сопоставление с помощью прослеживания отдельных аномальных по своей мощности ритмов. Значительно сложнее широкое прослеживание циклотем и мегациклотем. Здесь на первое место выступает знание общих закономерностей ритмичности в отдельных ритмах и выделение в некоторых из них характерных прослоев известняков или пластов угля, т. е. уровней наибольшей трансгрессии или наибольшей стабилизации обстановки седиментации (рис. 5.31). Великолепный пример детальной корреляции казанских отложений Волго-Уральской области по цикличности осадконакопления дают работы Н. Н. Форша [1955], который выявил не только закономерную смену пород в разрезе, но и закономерную смену фаунистических ассоциаций и, используя оба эти критерия, сумел проследить целый ряд циклов на весьма значительные расстояния. Другим примером хорошо выдержанных ритмов в морских толщах служат среднеюрские отложения Восточной Сибири. Разрезы сходного строения прослеживаются вдоль северной и восточной окраины Сибирской платформы от низовьев Енисея до среднего течения р. Лены.

Таким образом, изучение ритмичности существенно облегчает сопоставление разрезов, а в мощных угленосных сериях, которые с трудом поддаются детальному биостратиграфическому расчленению, ритмостратиграфия дает наиболее эффективные и быстрые результаты. Вместе с тем следует согласиться с В. А. Зубаковым, что попытки создания общей ритмостратиграфической шкалы, определения с помощью понятий ритмостратиграфии таких подразделений, как системы, отделы и ярусы, вряд ли реальны и главное методически не оправданы, поскольку в задачу общей шкалы входит регистрация продолжительности всех геологических явлений, в том числе и регистрация продолжительности различного рода ритмов в осадочных толщах.

#### 5.1.4. Тектоностратиграфические (диастрофические) методы

Особую группу методов стратиграфического расчленения и корреляции составляют те из них, которые основаны на проявлениях диастрофизма. Идея о возможности использования для целей стратиграфии различных тектонических движений возникла в конце прошлого века. Однако фактически неосознанное использование проявлений тектогенеза началось одновременно с разработкой стратиграфической шкалы, еще в первой половине XIX в. Действительно, при первоначальном установлении геологических систем они выделялись, по существу, как региональные стратиграфические подразделения в значительной мере на основе литолого-формационного подхода. При

этом границы систем в ряде случаев проводились с учетом перерывов в напластованиях, подчеркивавших их четкость и придававших им характер естественных рубежей. Однако только в конце прошлого века успехи геотектоники подготовили почву для теоретически обоснованного подхода к использованию проявлений диастрофизма в качестве критерия при проведении стратиграфических границ различного ранга.

В первой четверти XX в. широкое распространение получили представления Т. Чемберлина и Г. Штилле о всеобщем и кратковременном проявлении фаз орогенеза и возможности использования так называемого каиона орогенических фаз Штилле применительно к стратиграфии. Многие советские и зарубежные геологи видели в орогенических фазах лучший критерий для стратиграфического расчленения и корреляции, поскольку как условия осадконакопления, так и развитие органического мира в конечном счете являются производными диастрофизма. Наиболее четко эта идея была сформулирована Н. Б. Вассоевичем [1934], указавшим, однако, что этот критерий может быть применен лишь в том случае, если фазы диастрофизма проявляются действительно геологически одновременно и повсеместно. В дальнейшем, однако, эти представления подверглись критике со стороны многих исследователей, квалифицировавших их как неокатастрофизм [Шатский Н. С., 1937]. Выяснилось, что взгляды Т. Чемберлина, Г. Штилле и их последователей представляют упрощение реально существующих в природе процессов и явлений. Орогенические процессы и фазы их проявления обычно характеризуются значительной длительностью и сложностью.

Отдельные фазы орогенеза оказываются обычно территориально ограниченными, будучи приурочены к определенным геосинклинальным областям или даже к отдельным зонам внутри последних. Впрочем, даже в пределах отдельных орогенических зон степень интенсивности проявления фаз складчатости может оказаться существенно различной. По этим причинам надежды, которые возлагались на использование диастрофических фаз как универсального метода в стратиграфии, заменяющего палеонтологический, не оправдались. Проявления орогенеза, несомненно, могут с успехом быть использованы для установления границ местных и региональных стратиграфических подразделений, но малоприспособлены для целей межрегиональной, а тем более планетарной корреляции.

Другое направление в области использования данных геотектоники для целей стратиграфии делает главный упор не на складчатую, а на колебательную (эпейрогеническую) форму диастрофизма, проявляющуюся в виде морских трансгрессий и регрессий. Это направление берет свое начало от высказанных еще в конце прошлого века Э. Зюссом представлений о чередовании периодов общих погружений и поднятий континентов.

В дальнейшем было показано, что большинство трансгрессий и регрессий обусловлено относительными перемещениями (поднятиями или опусканиями) отдельных континентальных массивов или их частей. Соответственно трансгрессии и регрессии в большинстве своем являются местными, не имеющими универсального значения. Однако, по-видимому, в истории Земли имели место и отдельные всеобщие трансгрессии и регрессии, обусловленные эвстатическими колебаниями уровня Мирового океана.

Независимо от причины, вызывавших трансгрессии и регрессии, последние фиксируются в разрезе осадочных толщ в виде перерывов морского осадконакопления, являющихся, таким образом, естественными рубежами, удобными для привязки к ним границ региональных стратиграфических подразделений. Перерывы в осадконакоплении и обусловленные ими несогласия вызываются не только колебательными, но и складкообразовательными движениями. Поэтому определение и анализ перерывов представляют собой важнейшую форму использования проявлений диастрофизма в стратиграфии. Однако прежде чем перейти к специальному рассмотрению этого вопроса, следует остановиться на других аспектах тектоностратиграфических исследований.

Одной из первых попыток практического использования проявлений диастрофизма в целях уточнения границ стратиграфических подразделений следует признать опыт американских геологов, который нашел отражение в «Стратиграфическом кодексе США», подготовленном и опубликованном в 1933 г. Комитетом по стратиграфической номенклатуре. При определении исходного стратиграфического подразделения (стратона) местной шкалы — формации — указывается, что границы последней должны проводиться на уровне существенного изменения литологических особенностей разреза или там, где имеются значительные перерывы в осадконакоплении (§ 5).

Попытка более полного использования диастрофизма для целей стратиграфии была предпринята А. Грэбо [Grabau, 1932] на основе разработанной им пульсационной гипотезы геотектонического развития Земли. Этот ученый допускал существование вертикальных движений — пульсаций или ритмических колебаний дна Мирового океана, обуславливавших соответственно повсеместное повышение или понижение его уровня. Ритмичность колебания уровня Мирового океана, согласно представлениям А. Грэбо, должна была вызвать ритмичное чередование трансгрессий и регрессий, которые проявляются одновременно во всех геосинклинальных областях.

Исходя из этих теоретических предпосылок, А. Грэбо разработал новую стратиграфическую шкалу палеозоя. В качестве границ между выделенными им системами принимался уровень, соответствующий фазе максимального развития регрессии и

начала новой трансгрессии. Каждая система, естественно, делилась на два отдела. Нижний отдел соответствовал трансгрессии, а верхний — регрессии. Таким образом, каждая система соответствовала одной пульсации, что привело к разукрупнению традиционных систем палеозоя. В качестве примера можно привести «виземюрскую» систему, в которой нижнему, трансгрессивному, отделу соответствует визейский ярус каменноугольной системы; а верхнему, регрессивному, — намиурский ярус международной шкалы.

Несмотря на то что А. Грэбо попытался дать широкую аргументацию предложенной им новой шкалы палеозоя, последняя не получила признания. Тем не менее его попытка перестройки общей стратиграфической шкалы на базе пульсационной гипотезы явилась прообразом получившего широкое распространение в стратиграфии наших дней метода циклического анализа. Последний, по существу, должен рассматриваться как один из вариантов тектоностратиграфических методов, с одной стороны, а также как сопряженный с ритмостратиграфическими методами — с другой.

Основоположником последовательного использования тектоностратиграфического метода в Советском Союзе следует признать М. А. Усова. Последний в качестве принципиальной основы этого метода принимал свою теорию саморазвития Земли, представляющую собой одну из разновидностей пульсационной гипотезы и идеи геотектонических циклов [Усов М. А., 1936]. Пульсационный характер процесса развития Земли, по М. А. Усову, проявляется в виде фаз складчатости, группирующихся по времени в циклы. Для Западной Сибири М. А. Усов [1960] установил 54 тектонические фазы, объединенные в 8 циклов. Из них на палеозой приходится 38 фаз и 5 циклов.

Выделенные фазы тектогенеза были использованы для расчленения разреза на формации, под которыми М. А. Усов понимал комплексы отложений, отделенные друг от друга поверхностью перерыва, отвечающего проявлению определенной фазы тектогенеза.

По существу, подход М. А. Усова к выделению формаций близок к таковому американских геологов. Как указывалось выше, «Стратиграфический код США» рекомендует приурочивать границы формаций к поверхностям несогласия.

Нетрудно видеть также, что формации в понимании М. А. Усова наиболее близко соответствуют современному понятию свиты.

Тектоностратиграфический метод в форме, разработанной М. А. Усовым, получил дальнейшее развитие в работах его учеников и последователей главным образом на территории Западной Сибири.

Новые пути использования тектоностратиграфических методов для отдаленной межрегиональной и даже межконтинен-

тальной корреляции могут возникнуть на основе новейшей тектонической гипотезы глобальной тектоники плит или мобильной литосферы. Согласно этой концепции, новые участки океанической земной коры возникают в процессе раздвигания океанического дна, а излияния океанических базальтов более или менее одновременно формируют ультраосновных пород рифтовых зон. На основе этой гипотезы ее сторонники вновь поднимают вопрос о возможности глобального проявления тектогенеза. Вопрос этот требует дальнейшего изучения, и пока было бы преждевременным высказывать определенное суждение о пространственном распространении различных проявлений тектогенеза.

В этом отношении несомненный интерес представляют результаты недавно произведенного А. В. Пейве [1973] сравнительного анализа развития эвгеосинклинальных зон Урала и Аппалачей. Автор показывает, что ведущим процессом развития этих складчатых систем был процесс превращения океанической коры в континентальную. При этом устанавливается совершенно сходная в обеих геосинклиналях последовательность или «стратиграфия» различных по характеру тектонических стадий. Однако проявление одних и тех же тектонических стадий в Аппалачах и на Урале не синхронно. Время проявления одних и тех же тектонических стадий в Аппалачах по сравнению с Уралом «смещено вниз на один тектонический этап». Иными словами, мы имеем здесь дело с гомотаксальностью (сходством порядка последовательности) тектонических стадий в обоих сравниваемых регионах при отсутствии их подлинной синхронности.

Что касается границ тектонических этапов, то они, по данным А. В. Пейве, для Урала и Аппалачей довольно хорошо коррелируются. Последнее приводит указанного автора к важному для нас выводу о глобальной синхронности тектонических этапов развития земной коры. Однако глобальность проявления отдельных тектонических фаз, по мнению А. В. Пейве, пока не может быть доказана. Отсюда следует, что на данной стадии изученности рассматриваемой проблемы придавать глобальное значение частным проявлениям тектонических движений, например угловым несогласиям, было бы преждевременно. Сказанное должно предостеречь от излишней переоценки возможностей тектоностратиграфических методов отдаленной корреляции. Однако устанавливаемая А. В. Пейве синхронность главных тектонических этапов развития земной коры на разных материках, несомненно, заслуживает большого внимания, тем более что она находит подтверждение и в других данных. Примером может служить установленное в последнее время существование повсеместного более или менее значительного перерыва на границе перми и триаса, отражающего, несомненно, глобальное проявление тектонических движений [Степанов Д. Л., 1972].

Таким образом, пока у нас еще нет оснований для отказа от сделанного выше вывода о том, что главной сферой использования тектоностратиграфических методов для фанерозоя является разработка региональных стратиграфических схем, где эти методы в сочетании с литолого-стратиграфическими и под контролем палеонтологического дают весьма ценные результаты.

Однако можно надеяться, что выявление глобальных проявлений крупных тектонических этапов развития земной коры даст в руки стратиграфа ряд реперов, могущих быть использованными в качестве планетарных.

В соответствии с принимаемым нами принципом неполноты геологической летописи значительная часть геологического времени не отражена в разрезах осадочных толщ отдельных участков земной коры, а приходится на перерывы. Последние, а также фиксирующие их несогласия, представляют огромный интерес для стратиграфа. Интерес этот обуславливается прежде всего возможностью широкого использования поверхностей несогласия в качестве естественных границ стратиграфических подразделений или маркирующих уровней внутри последних. С другой стороны, не меньший интерес для геолога представляет возможность интерпретации несогласия, выяснение обусловивших его факторов и длительности соответствующего перерыва в осадконакоплении.

Прежде чем перейти к рассмотрению этих вопросов, необходимо остановиться на уточнении самих терминов «несогласие» и «перерыв» и соответствующих им понятий. Из огромного количества существующих в литературе попыток определения этих понятий остановимся на одном из последних, приводимом во втором издании «Геологического словаря» [1973]\*. Несогласие или несогласное залегание, согласно этому определению, характеризует пространственные и исторические соотношения разновозрастных преимущественно слоистых отложений. При несогласии более молодые отложения отделяются от более древних поверхностью размыва или перерыва в осадконакоплении. Несогласие возникает в том случае, если под воздействием тектонического движения участок земной коры сначала выводится из зоны осадкообразования и может подвергаться процессам денудации, а затем опускается и на нем отлагаются более молодые осадки. Несогласия могут возникать и без участия тектонических движений при размывании осадков придонными течениями, в результате подводных оползней и других причин.

Под перерывом в осадконакоплении понимается интервал времени, в течение которого на том или ином участке земной поверхности осадки не накапливались. Продолжительность перерывов колеблется от краткого промежутка между двумя про-

цессами, происходящими без существенного изменения общего режима в области осадконакопления, до больших отрезков времени, вплоть до нескольких геологических периодов, соответствующих этапам крупных региональных поднятий. Перерывы могут сопровождаться размывом ранее образовавшихся осадков или даже толщ осадочных пород, что приводит иногда к значительному увеличению пробела геологической летописи.

В других случаях перерывы, особенно кратковременные, не сопровождаются размывом, а представляют собой лишь паузу в накоплении осадков.

Как указал недавно В. С. Яблоков [1973], обычно перерывы фиксируются в морском осадконакоплении. Перерывы могут возникать с осушением площади (континентальные или субаэральные) и без осушения (субаквальные). Реже наблюдаются перерывы между континентальными отложениями, например между двумя угленосными или красноцветными толщами.

Из приведенных определений несогласия и перерыва видно, что эти понятия сопряженные и нередко в геологической литературе используются как синонимы. Правильнее, однако, эти понятия разграничить и, в согласии с Ю. А. Косыгиным [1952] и В. С. Яблоковым [1973], принять, что термин «несогласие» или «несогласное залегание» выражает структурное соотношение слоев, а термин «перерыв» относится ко времени формирования несогласия. Таким образом, термин «перерыв» характеризует процесс, действие, а «несогласие» — возникающую в результате этого процесса форму взаимоотношения слоев.

Некоторые авторы считают необходимым различать отдельные категории перерывов в зависимости от их масштаба. Так, наиболее крупные перерывы и несогласия нередко обозначают как «стратиграфические». Под «стратиграфическим перерывом (несогласием)» принято понимать нарушение стратиграфической последовательности в напластовании осадочных или вулканогенных толщ, обусловленное выпадением из разреза комплекса слоев, яруса, отдела или даже системы в каком-либо регионе, в результате чего более молодые отложения отделяются поверхностью размыва от подстилающих более древних отложений.

В. С. Яблоков [1973] считает, что почти все другие виды перерывов и несогласий представляют собой различные проявления стратиграфического несогласия. Исключение он, по-видимому, склонен делать лишь для «мелких» перерывов типа диастемы, для которой им предложено следующее определение: «диастема — это наименьший перерыв из выявленных в данном разрезе, по времени соответствующий отложению одного слоя или небольшой пачки слоев (1—2 м)». Представляется, однако, более целесообразным, следуя Дж. Барреллу, обозначать термином диастема небольшие перерывы в разрезе, обусловленные моментами, в течение которых не происходило отло-

\* Излагается с некоторыми отклонениями от оригинального текста словаря.

жения осадков или имело место взмучивание и перемещение отложившегося материала. От истинных перерывов и несогласий следует отличать понятие, обозначаемое как «внутриформационное несогласие (перерыв)». Под этим термином следует понимать угловое несогласие, возникающее в сериях косослоистых пород. По существу, это «ложно-угловое несогласие», принципиально отличное от постоянных несогласий и перерывов. Следует отметить, что в геологической литературе термин «внутриформационный перерыв» нередко употребляется для обозначения мелких настоящих перерывов, с чем нельзя согласиться.

Существует целый ряд признаков, свидетельствующих о перерывах в осадконакоплении. В. Крумбейн приводит 42 таких признака, которые относятся к трем выделяемым им категориям: седиментологической, палеонтологической и структурной.

Согласно В. С. Яблокову [1973], главными признаками перерывов в морском осадконакоплении являются следующие: 1) угловое несогласие с подстилающими породами; 2) поверхность размыва, обычно неровная, волнистая, срезающая нижележащие отложения на различную глубину; 3) коры выветривания; 4) признаки карстообразования и выветривания в отдельных горизонтах глинистых и песчаных пород; 5) поверхности напластования с трещинами усыхания и брекчин; 6) прослой пород со следами автохтонной корневой системы растений, ископаемые почвы; 7) прослой галек и конгломератов; 8) палеодолины и аллювиальные песчаные породы; 9) породы золотого происхождения; 10) ледниковые отложения; 11) резкая смена фауны, не обусловленная сменой фаций на данном участке.

Не всегда эти признаки, взятые в отдельности, совершенно однозначно свидетельствуют о наличии перерыва. Так, угловые несогласия могут быть связаны и с конседиментационными структурами. Небольшие размывы вызываются иногда подводными морскими течениями, а прослой галек и конгломератов могут иметь как континентальное, так и морское происхождение. И наоборот, в ряде случаев наблюдаются перерывы и несогласия, не сопровождающиеся конгломератами или галечниками. Поэтому для установления перерыва желательно обосновывать его не одним из перечисленных выше признаков, а совокупностью нескольких.

Особые трудности вызывает установление скрытых несогласий. В настоящее время в литературе накоплен обширный материал, свидетельствующий о широком распространении скрытых несогласий, нередко маскирующих выпадение из разреза больших стратиграфических интервалов. В одном из районов Подмосквового бассейна установлено залегание угленосных отложений средней юры на угленосных отложениях нижнего карбона. Никаких следов этого огромного перерыва по литологическим признакам не было обнаружено, и разный возраст двух

угленосных толщ был выявлен по данным спорово-пыльцевого анализа. Палинологический метод позволил установить залегание среднеюрских глин на алевроитах верхнего девона в одном районе Воронежской антеклизы. По литологическим признакам граница между этими отложениями в керне не могла быть проведена, так как какие-либо признаки перерыва, кроме палеонтологических, отсутствовали. Равным образом по литологическим признакам и условиям залегания, по данным В. Н. Сакса, практически невозможно отделить в естественных выходах в низовьях Енисея верхнемеловые и четвертичные отложения. Наконец, скрытые перерывы чрезвычайно часто отмечаются внутри внешне однородных глинистых толщ целых бассейнов. Так, например, выпадение нижнего оксфорда в бассейне р. Печоры и большей части нижневолжского подъяруса в западной части Западно-Сибирской низменности не сопровождается никакими из перечисленных выше характерными признаками перерывов.

Интересно, что некоторые стратиграфические уровни характеризуются особенно широким распространением скрытых несогласий. Последнее, в частности, относится к границе перми и триаса, которая во всем мире характеризуется соотношениями рассматриваемого типа [Степанов Д. Л., 1972]. По данным В. И. Устрицкого [1967], скрытые несогласия широко распространены в верхнем палеозое Арктики.

Существенный интерес представляет вопрос об условиях возникновения скрытых несогласий. М. Жинью [1952] указал на трудность установления тех перерывов, которые не сопровождаются изменением фаций. Подобные перерывы могут возникать в субаквальных условиях вследствие простого изменения режима течений. Если материал, взвешенный в воде, остается одним и тем же, то даже незначительного увеличения скорости течения достаточно, чтобы не только прекращалось осадконакопление, но и происходила слабая эрозия. Вслед за этим снова отлагаются морские осадки, и перерыв может быть обнаружен только при внимательном наблюдении деталей.

В. И. Устрицкий [1967] считает, что скрытые несогласия связаны «с обратным типом ритмичности, при котором трансгрессивная часть ритма представлена наиболее тонкозернистыми осадками». Он полагает также, что другим необходимым условием возникновения контактов типа скрытых несогласий является наличие полностью выровненной поверхности, на которую ложатся осадки трансгрессирующего моря. При быстром погружении территории море сразу заливают обширные пространства, и вследствие этого грубый терригенный материал с далеко отстоящей суши не распространяется по всему бассейну седиментации.

Н. Ньюелл [Newell, 1967a] трактует возникновение скрытых несогласий как результат длительного устойчивого положения обширных выровненных областей шельфа на уровне, близком

к базису эрозии. В таких условиях эрозия оказывается минимальной, а образующийся маломощный слой обломочного материала легко будет смыт трансгрессирующим морем, которое обнажит и сгладит подстилающую поверхность.

Приводимые указанными авторами различные причины, объясняющие условия возникновения скрытых несогласий, не исключают друг друга. В настоящее время трудно с достаточным обоснованием отдать предпочтение какой-нибудь из этих гипотез.

Подводя итоги нашего обзора тектоностратиграфических методов стратиграфического расчленения и корреляции, можно наметить следующие общие выводы.

1. Тектоностратиграфические методы имеют ведущее значение для стратиграфии докембрийских (криптозойских) отложений. Установление местных подразделений докембрия высокого ранга — серий — базируется на тектоническом подходе, т. е. на выявлении несогласий, фиксирующих проявления тектонических движений и интрузивного магматизма, имевших место в промежутках времени между этапами формирования супра-крустальных толщ.

Менее ясен вопрос о степени надежности использования тектоностратиграфических методов для целей межрегиональной корреляции и периодизации докембрийских толщ. Однако, как указывает Л. И. Салоп [1973], радиометрические определения возраста древних плутонических и метаморфических пород, возникших во время тектоно-плутонических циклов, указывают, что на разных (докембрийских) этапах геологического развития Земли диастрофические процессы проявлялись через весьма длительные промежутки времени. При этом существенно, что докембрийские циклы диастрофизма были в грубых чертах одновременными на всех материках.

Л. И. Салоп устанавливает также, что диастрофические циклы в докембрии являются четкими рубежами, разделяющими крупные естественные этапы геологической истории докембрия. Это дает ему основание утверждать, что тектонический принцип стратиграфического расчленения докембрийских образований является надежным и обоснованным в методическом отношении. Однако глобальность тектоно-плутонических циклов докембрия не следует представлять упрощенно, предполагая, что везде и всегда границами крупных подразделений докембрия служат только угловые несогласия и перерывы. Нельзя думать, что в результате диастрофизма могла быть осушена вся земная поверхность. В действительности в отдельных участках происходило погружение дна бассейна, и в них могла продолжаться седиментация. В таких районах разрезы будут непрерывными. Однако и в таких непрерывных разрезах следы проявления тектонических движений могут быть запечатлены в виде смены типов осадконакопления. Поэтому, как подчер-

кивает Л. И. Салоп, глобальность тектоно-плутонических циклов докембрия заключается в том, что они проявляются в общих чертах одновременно на всей земной поверхности, но имеют при этом в отдельных ее участках разное выражение и разную интенсивность. Несмотря на эту оговорку, несогласия, являющие крупные подразделения (группы) докембрия, прослеживаются, по мнению Л. И. Салопа, на огромных пространствах, охватывающих иногда целые материки. Это является следствием большой длительности диастрофических циклов докембрия и суммирования отдельных тектонических фаз этих циклов, которые проявляются локально, в виде единого «почти глобального» несогласия.

При этом обычно на границе крупных подразделений докембрия отмечается только одно угловое несогласие. Это отличает разрезы докембрийских отложений от фанерозойских, в которых, как правило, фиксируется несколько несогласий, отвечающих отдельным фазам одного диастрофического цикла.

Диастрофические циклы докембрия, несмотря на большую их длительность, устαιавливаемую радиометрическими методами, можно использовать в качестве границ крупных стратиграфических подразделений, учитывая огромную продолжительность соответствующих им этапов эволюционного относительно спокойного развития.

2. Для фанерозоя тектоностратиграфические методы утрачивают ту ведущую роль, которую они играют в стратиграфии докембрия. Это обусловлено рядом обстоятельств. Прежде всего, как свидетельствуют данные абсолютной геохронологии, общий для всего земного шара ритм тектонических движений в фанерозое становится сильно учащенным по сравнению с докембрием и осложняется многочисленными дополнительными диастрофическими импульсами. Это существенно усложняет использование тектонических методов для стратиграфии фанерозоя. Тектонические движения, даже крупного масштаба, проявляются не повсеместно и не представляют собой кратковременных эпизодов, а растянуты во времени. Это ограничивает возможность надежного использования тектоностратиграфических методов для отдаленной межрегиональной и тем более глобальной корреляции.

В то же время тектоностратиграфические методы для ограниченных территорий дают возможность устанавливать границы стратиграфических подразделений с большой точностью, иногда даже превышающей точность границ, проводимых на основе биостратиграфических данных. Однако установление самих стратиграфических подразделений и их геологического возраста не может быть осуществлено только на основе диастрофизма и требует обязательного использования литолого-стратиграфического и палеонтологического методов. За последним в этих случаях сохраняется роль контролирующего метода.

Нередко наблюдаемое совпадение объема и границ стратиграфических подразделений, устанавливаемых на основании палеонтологического и тектоностратиграфических методов, находит свое объяснение в сопряженности процессов развития земной коры и органического мира. Тектонические движения, обуславливающие изменение физико-географических условий (рельефа, климата и пр.), оказывают влияние через их посредство на развитие организмов.

3. Важнейшим свидетельством проявлений диастрофизма в форме как складкообразующих, так и колебательных движений, зафиксированных в разрезах, служат несогласия, отражающие перерывы в осадконакоплении. Поэтому стратиграфу надлежит уделять первостепенное внимание взаимоотношениям (контактам) между отдельными членами разреза, выявлению несогласий, их анализу и интерпретации.

### 5.1.5. Климатостратиграфия

Изменения климата, достаточно контрастные для того, чтобы их можно было фиксировать по характеру отложений и (или) изменениям биоты, устанавливаются в геологической истории начиная, по-видимому, с протерозоя. Однако для верхнего криптозоя и почти всего фанерозоя эти климатические изменения привлекаются главным образом для палеогеографических и общегеологических реконструкций.

Совершенно иное значение приобретает регистрация климатических изменений для четвертичного периода. Незначительная продолжительность четвертичного периода (1,8 млн. лет по современным радиологическим датировкам) \* исключает возможность применения к этим отложениям обычных биостратиграфических методов. Детальное расчленение и сопоставление разрезов здесь проводятся на другой принципиальной основе. Этой основой явились неоднократные смены резких похолоданий и потеплений климата, происходившие в конце плиоцена и в плейстоцене. Начиная с 1909 г., когда А. Пенк и

\* Вся четвертичная система соответствует одной зоне *Globorotalia truncatulinoides* в морских фациях низких широт. На этом основании многие геологи считают невозможным сохранить за ней ранг системы, состоящей из одного отдела, единственный ярус которого представлен одной зоной. Альтернативная точка зрения построена на признании незавершенности четвертичного периода, подразделения которого со временем станут сравнимыми с подразделениями других систем фанерозоя. Эта точка зрения представляется вполне убедительной, а предложенная модель имеет много аналогий в древних толщах, если рассматривать поверхность современных отложений в качестве эрозивной границы. Так, например, на западном склоне Северного Тимана в целом ряде разрезов юрская система представлена только верхним отделом, а этот последний вследствие многочисленных размывов сложен лишь одной зоной верхнего кимериджа или волжского яруса. Следы подобных кратковременных ингрессий моря известны и во многих других районах.

Э. Брюкнер установили пять стадий альпийских оледенений, геологи, изучающие четвертичные отложения северной половины Евразии и Северной Америки, разрабатывают вопросы стратиграфии этой сложнопостроенной толщи, опираясь на различные палеоклиматические реконструкции.

В 1963 г. В. А. Зубаков [1967, с. 30] предложил термин климатостратиграфия, под которой понимается «использование палеоклиматической интерпретации литолого-фациальных особенностей пород и состава органических остатков в качестве основы стратиграфического расчленения и корреляции отложений». Климатостратиграфия опирается на широкий круг методов. Помимо детального фациального анализа разрезов, позволяющего выделять моренные, флювиогляциальные, ледовоморские, озерно-аллювиальные отложения, климатостратиграфия широко использует палеонтологические данные, прежде всего спорово-пыльцевой анализ, результаты изучения наземных млекопитающих, а для морских отложений — данные изучения фораминифер (планктонных и бентосных), нанопланктона, диатомей. В последние годы для контроля корреляций все шире привлекаются палеомагнитные исследования и радиологическая хронометрия, а также специальные методы физических и химических исследований, например изучение соотношения изотопов кислорода [Меннер В. В., 1979].

Использование такой широкой гаммы исследований позволило разработать очень дробную шкалу климатостратиграфических подразделений для четвертичной системы и проследить многие из этих подразделений на значительные расстояния, особенно в средних широтах Северного полушария. Незначительная продолжительность всех климатостратиграфических подразделений четвертичной системы вынудила предложить для них новые термины. Единой классификации этих терминов еще нет. Все дробные климатостратиграфические подразделения соответствуют либо климатическим ритмам разного порядка, либо их отдельным фазам. Только наиболее крупные из них имеют собственную палеонтологическую характеристику. Остальные выделяются исключительно по палеоклиматическим реконструкциям, причем палинологические ценозоны используются также лишь как показатели климатических условий.

Советскими исследователями (В. А. Зубаковым, И. И. Красновым, Е. В. Никифоровой, Е. В. Шанцером) разработана весьма дробная классификация климатостратиграфических единиц, включающая по крайней мере пять соподчиненных стратонов [Стратиграфические подразделения, 1977].

1. Раздел. Продолжительность 700—1200 тыс. лет. Разделы охватывают несколько оледенений и межледниковий. Нижний раздел включает дунайское и гюнцское оледенения, верхний — миндельское, рисское, вюрмское и голоцен. Граница разделов фиксируется сменой фауны млекопитающих и, возможно, сов-

падает с границей двух подзон зоны truncalinoides. Этой границе соответствует также контакт палеомагнитных зон Брюнес и Матуяма, датируемый 690—700 тыс. лет. Е. В. Никифорова отметила и палеоклиматические различия обоих разделов, заключающиеся в более теплом и, по-видимому, менее контрастном климате нижнего раздела по сравнению с верхним.

2. Звено. Продолжительность 140—300 тыс. лет. Звено соответствует полному климатическому ритму, т. е. включает в себя фазу оледенения и фазу межледниковья.

3. Круг. Продолжительность 60—90 тыс. лет. Круг соответствует одной фазе климатического ритма.

4. Ступень (климатолит). Продолжительность 14—30 тыс. лет. Ступень отвечает отдельным стадиям потепления и похолодания внутри климатических фаз.

5. Стадиал. Продолжительность 5—10 тыс. лет. Отвечает более мелким стадиям климатических изменений, происходивших в течение накопления ступени.

В последнее время предложены еще более мелкие таксоны, формирование которых длилось от 2 до 5 тыс. лет и даже менее 1-тыс. лет (фазиал, уровень).

Как видно из приведенного обзора, каждый климатостратиграфический стратон характеризуется достаточно сложным строением, что в стратиграфической практике приводит, естественно, к неоднозначному толкованию границ. Кроме того, климатостратиграфические корреляции осложняются неоднородностью самого климата в связи с различием рельефа отдельных регионов и их разным положением относительно океана. Поэтому широкое прослеживание климатостратиграфических подразделений непрерывно уточняется и обосновывается разнообразными дополнительными данными [Меннер В. В., 1979].

### 5.1.6. Радиологическая хронометрия

Все методы стратиграфии так или иначе связаны с понятием времени. Однако в подавляющем большинстве этих методов определение времени образования или степени синхронности каких-либо толщ относительно, так как базируется на выяснении соотношения с подстилающими и перекрывающими слоями или на сопоставлениях с эталонными разрезами. Принципиально возможно и количественное определение возраста слоя, выраженное в годах (с учетом, разумеется, возможных изменений продолжительности года в геологической истории). Для этого необходимо лишь наличие какого-либо процесса, равномерно и непрерывно происходящего во времени, обладающего достаточной продолжительностью и оставляющего хорошо рассматриваемые следы в геологических образованиях. Таким процессом явился для геологов радиоактивный распад. В 1905 г. Э. Резерфорд указал, что, судя по содержанию гелия

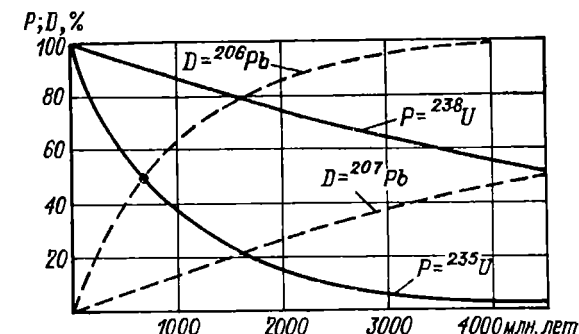


Рис. 5.32. Зависимость от времени количества материнских ( $P$ ) и дочерних ( $D$ ) ядер рядов распада изотопов урана (по Дж. Ферхугену и др. [Земля, 1974]).

и урана в кристалле, им проанализированном, возраст последнего составляет не менее 500 млн. лет (напомним, что в то время продолжительность геологической истории принималась не более чем 200 млн. лет). Вскоре американский исследователь Б. Болтвуд, используя отношения свинца и урана, установил возраст минералов из каменноугольных (340 млн. лет) и девонских (370 млн. лет) отложений, а также определил возраст ряда докембрийских пород различных континентов, который составил по его данным 1025—1640 млн. лет. Становление радиометрической хронометрии обычно связывается с именем выдающегося американского геолога Артура Холмса, который впервые стал систематически применять численные данные для определения возраста минералов и определения продолжительности стратиграфических подразделений.

В основе радиологической хронометрии лежит самопроизвольный распад неустойчивых изотопов ряда элементов. В результате количество атомов этих элементов в минералах сокращается и вместо них в кристаллических решетках появляются устойчивые изотопы дочерних элементов (рис. 5.32). По соотношению материнского и дочернего изотопов в минерале зная скорость распада неустойчивого элемента, можно судить о возрасте минерала и соответственно о возрасте изверженной породы, в которой он заключен, или о возрасте осадочной породы, если анализируются аутигенные минералы типа глауконита. Разумеется, метод корректен лишь при двух допущениях. Во-первых, следует полагать, что скорость радиоактивного распада оставалась неизменной в течение всей геологической истории. Действительно, экспериментальные данные (в частности, наблюдения за скоростью распада при температуре 7000°С, давлении более 200 бар, в сильном магнитном поле и при бом-

бардировке космическими лучами) [Старик И. Е., 1961] показывают постоянство скорости распада.

Общезначимые представления, в частности несопоставимость энергетических уровней ядерных реакций и обычных термодинамических процессов, также приводят к заключению об отсутствии внешних факторов, способных повлиять на скорость спонтанного ядерного распада. Петрографические материалы, в частности изучение «плеохронных дворилов» в биотитах, образовавшихся благодаря проникновению X-частиц, рассеивающихся от мельчайших включений монацита и других радиоактивных минералов, показывают, что радиусы ореолов одинаковы в породах любого возраста; это также является подтверждением постоянства скорости радиоактивного распада. Таким образом, современные данные позволяют с высокой степенью вероятности полагать, что в течение последних 10 млрд. лет скорость радиоактивного распада изотопов не менялась.

Второе важное допущение заключается в том, что все устойчивые изотопы свинца, стронция, аргона, азота образовались в анализируемом минерале только за счет распада исходных неустойчивых изотопов. Проверка этого допущения непосредственными анализами практически невозможна. Единственный путь контроля заключается в параллельном измерении возраста различными методами и последующем анализе расхождений, если они возникают.

Долгое время самой значительной трудностью определения возраста с помощью радиоактивного распада являлось относительное несовершенство аналитических методов. Однако в последние годы широкое внедрение масс-спектрометрии не только значительно повысило точность измерений, но и позволило перейти к массовым анализам.

Расчет возраста минералов и горных пород ведется по формуле

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{N_0}{N_t}, \quad (1)$$

где  $t$  — абсолютный возраст в годах;  $N_0$  — исходное количество материнских атомов;  $N_t$  — количество тех же атомов, сохранившихся за период времени  $t$ ;  $\lambda$  — константа распада, отвечающая для каждого изотопа числу атомов, претерпевающих распад за единицу времени.

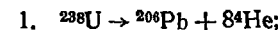
Масс-спектрометрия позволяет сразу производить оценку соотношения материнских  $P$  и дочерних  $D$  изотопов, в связи с чем уравнение (1) может быть преобразовано к виду

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left( 1 + \frac{D}{P} \right). \quad (2)$$

Измерение констант распада является очень сложным процессом. Они постоянно уточняются, а для некоторых изотопов до сих пор принимаются условно.

В настоящее время наиболее распространенными являются следующие методы радиоактивной хронометрии.

I. Свинцово-урано-ториевый, основанный на следующих реакциях распада.



$$\lambda_{238} = 1,537 \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1} \text{ [Земля, 1974] или}$$

$$\lambda_{238} = 1,5513 \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1} \text{ [Афанасьев Г. Д., Зыков С.И., 1975];}$$

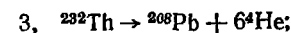
$$\text{период полураспада } T = 4,53 \cdot 10^9 \text{ лет.}$$



$$\lambda_{235} = 9,72 \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1} \text{ [Земля, 1974] или}$$

$$\lambda_{235} = 9,8485 \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1} \text{ [Афанасьев Г. Д., Зыков С. И., 1975];}$$

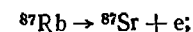
$$T = 0,713 \cdot 10^9 \text{ лет.}$$



$$\lambda_{232} = 0,499 \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1};$$

$$T = 13,89 \cdot 10^9 \text{ лет.}$$

II. Рубидий-стронциевый метод, основанный на превращении



$$\lambda = (0,139 \div 0,147) \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1};$$

$$T = 4,99 \cdot 10^{10} \text{ лет.}$$

III. Калий-аргоновый метод, в основе которого лежат превращения радиоактивного изотопа  ${}^{40}\text{K}$ . 89% атомов  ${}^{40}\text{K}$  испускают  $\beta$ -частицу (электрон) и превращаются в  ${}^{40}\text{Ca}$ , а 11% атомов захватывают электрон, превращаясь в  ${}^{40}\text{Ar}$ . Для обоих процессов

$$\lambda = (5,305 \div 5,5) \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1}.$$

IV. Радиоуглеродный метод, основанный на реакции  ${}^{14}\text{N}$  с нейтроном в верхних слоях атмосферы под воздействием космического излучения и превращением его в  ${}^{14}\text{C}$  с периодом полураспада 5750 лет.

Несмотря на большое количество осложняющих факторов (потери дочерних изотопов, искусственное обогащение, искажения, обусловленные выветриванием минералов и т. п.), измерения, проведенные по всему земному шару, позволили составить достаточно хорошо согласуемые представления о продолжительности постархейской истории Земли, для фанерозоя — о продолжительности эратем и периодов, а в последнее время — эпох и даже веков.

По данным радиологической хронометрии граница архея и протерозоя устанавливается на рубеже около 2500 млн. лет, а внутри протерозоя возможно выделение ранне- (2500—1750 млн. лет), средне- (1750—950 млн. лет) и позднепротерозойских (950—600 млн. лет) этапов. Граница кембрия и докем-

брия в настоящее время принята на рубеже 600 млн. лет (по некоторым данным 570 млн. лет).

Продолжительность периодов фанерозоя по разным авторам показана в табл. 5.1, из которой видно, что, несмотря на отдельные; порой существенные (до 15—25 млн. лет), расхождения, в целом за последние 15 лет отмечаются хорошо согласуемые данные у большинства авторов геохронометрических шкал.

Таблица 5.1

Продолжительность периодов фанерозоя по различным авторам  
[Афанасьев Г. Д., Зыков Г. И., 1975]

Период, эпоха	Начало периода, эпохи, млн. лет назад						
	А. Холмс, 1959 г.	Дж. Калп, 1961 г.	Симпозиум А. Холмса, 1964 г. [The Phanerozoic scale ... 1964]	Г. Д. Афа- насьев, 1968 г.	Г. Ламберт, 1971 г.	Р. Армстронг 1974 г.	Г. Д. Афа- насьев, С. И. Зыков, 1975 г.
Плейстоцен	1	1	1,5—2,0	1,5—0,5			1,5—2,0
Плиоцен	11	13	12	9			9
Миоцен	25	25	26	25			25
Олигоцен	40	36	37	37			37
Эоцен	60	58	60	58			58
Палеоцен	70	63	67	67	65	64	66
Мел	135	135	137	137	135	140	132
Юра	180	181	195	195	200	208	185
Триас	225	230	240	230	240	242	235
Пермь	270	280	285	285	280	284	280
Карбон	370	345	350	350	370	360	345
Девон	400	405	410	410	415	409	400
Силур	440	425	440	440	445	436	435
Ордовик	500	500	500	500	515	500	490
Кембрий	600	600	570	570	590	564	570

Это позволило перейти к их детализации и первым попыткам определения продолжительности эпох для палеозоя и веков для мезозоя и кайнозоя (табл. 5.2—5.4).

Как видно из приведенных таблиц, самым примечательным в них являются данные о различной продолжительности веков мезо-кайнозоя. Напомним, что еще в 1964 г. на симпозиуме А. Холмса [The Phanerozoic..., 1964] авторы шкал в большинстве случаев вынуждены были пропорционально делить продолжительность эпох на количество веков, в них заключенных. В то же время обращает на себя внимание некоторое несоответствие радиологических и биостратиграфических данных. Так, значительная протяженность рэта (10 млн. лет) плохо вяжется с условным помещением этого века в геохронологическую шкалу и т. п. Несомненно, детализация геохронометрических шкал и

Таблица 5.2

Геохронометрическая шкала палеозоя (по Г. А. Афанасьеву, С. И. Зыкову  
[1975])

Период	Эпоха	Век	Начало, млн. лет назад	Продол- житель- ность, млн. лет
Пермский	Позднепермская	Татарский Казанский Уфимский	255	20
	Раннепермская	Кунгурский Артинский Сакмарский Ассельский	280	25
Каменноуголь- ный	Позднекаменно- угольная	Оренбургский Жельский	300	20
	Среднекаменно- угольная	Московский Башкирский	320	20
	Раннекаменно- угольная	Намюрский Визейский Турнейский	345	25
Девонский	Позднедевонская	Фаменский Франский	360	15
	Среднедевонская	Живетский Эйфельский	376	16
	Раннедевонская	Эмский Зигенский Жединский	400	24
Силурийский	Позднесилурий- ская	Лудловский	(415)	(15)
	Раннесилурий- ская	Веллокий Лландоверский	435	(20)
Ордовикский	Позднеордовик- ская	Ашгильский Позднекарадокский Раннекарадокский	450	15
	Среднеордовик- ская	Лландейльский Лланвирнский	(475)	(25)
	Раннеордовик- ская	Аренгский Тремадокский	490	(15)

Продолжение табл. 5.2

Период	Эпоха	Век	Начало, млн. лет назад	Продолжительность, млн. лет
Кембрийский	Позднекембрийская	Тремпилионский Франконский Дресбахский	515	25
	Среднекембрийская	Майский Амьенский	545	30
	Раннекембрийская	Ленский Алданский	570	25

Таблица 5.3

Геохронометрическая шкала мезозоя (по Г. Д. Афанасьеву, С. И. Зыкову [1975])

Период	Эпоха	Век	Начало, млн. лет назад	Продолжительность, лет
Меловой	Позднемеловая	Датский	(68,0)	2
		Маастрихтский	71	3
		Кампанский	82	9
		Сантонский	85	3
		Коньякский	88	3
		Туронский	92	4
		Сеноманский	100	8
	Раннемеловая	Альбский	105	5
		Аптский	112	7
		Барремский	118	6
		Готеривский	122	4
		Валанжинский	(127)	5
Юрский	Позднеюрская	Берриасский	132	5
		Титонский	140	8
		Кимериджский	(146)	6
		Оксфордский	(150)	4
	Среднеюрская	Келловейский	(153)	3
		Батский	158	5
		Байосский	(164)	6
		Аалейский	(168)	4
	Раннеюрская	Тоарский	172	4
		Плансбахский	(176)	4
		Синемюрский	(186)	4
		Геттангский	185	5

Продолжение табл. 5.3

Период	Эпоха	Век	Начало, млн. лет назад	Продолжительность, млн. лет
Триасовый	Позднетриасовая	Рэтский	195	10
		Норийский Карнийский	210	
	Среднетриасовая	Ладинский	(220)	
		Анизийский		
	Раннетриасовая	Оленёкский	235	
		Индский		

их уточнение еще долгое время будут предметом самых тщательных исследований.

Радиологическое изучение минералов и горных пород открыло новые широчайшие перспективы перед геологами. Прежде это была определена продолжительность эратем, периодов и эпох геохронологической шкалы и, таким образом, сужения о длительности различных геологических и биологических процессов были поставлены на достаточно определенную количественную основу. В геологии докембрия радиологические исследования дали особенно много результатов. Достаточно вспомнить ставший уже хрестоматийным пример выделения трех тектонических провинций на Канадском щите и трех орогений в конце архея и протерозое (рис. 5.33). Другим очень наглядным примером использования радиологических данных в геологии является изучение эффузивов Гавайских островов [MacDougall, 1964], показавшее постепенное смещение к юго-востоку времени проявления вулканизма.

Эти и многие другие выдающиеся достижения радиологической хронометрии побудили целый ряд геологов высказать мнение о грядущем примате радиологических методов над всеми другими методами стратиграфии. Последнее утверждение нуждается в самом серьезном анализе. Суть всех без исключения методов стратиграфии сводится к выделению в разрезах определенных интервалов, которые затем прослеживаются на более и менее ограниченное расстояние. Иными словами, в основе всех стратиграфических методов лежит периодизация истории Земли. Поскольку основанием для этой периодизации служат реально наблюдаемые изменения вещественного состава пород, их физических и химических характеристик или заключенных в них органических остатков, расчленение и сопоставление разрезов на такой основе определенным образом связано с историей развития Земли и отдельных ее участков. Радиологические данные не могут быть употреблены для подобных целей.

Таблица 5.4

Геохронометрическая шкала кайнозоя (по Г. Д. Афанасьеву, С. И. Зыкову [1975])

Период	Эпоха		Век	Начало, млн. лет назад	Продолжительность, млн. лет
Четвертичный	Плейстоцен		Бакинский	1,5—2,0	
	Плиоцен	Поздний	Апшеронский Акчагыльский		
		Средний	Куяльницкий Киммерийский	5,5 7,0	1,5
Неогеновый	Плиоцен	Ранний	Поитический	9,0	2,0
		Поздний	Меотический Сарматский	13,0	
			Тортоиский Гельветский	15,0 18,0	2,0 3,0
	Миоцен	Ранний	Бурдигальский Аквитанский	28,0 25,0	4,0 3,0
		Олигоцен	Поздний	Хаттский	
			Средний	Рюппельский	32,0
Палеогеновый	Эоцен	Ранний	Латторфский	37,0	5,0
		Поздний	Альминский Бодракский	42,0 46,0	5,0 4,0
			Средний	Симферопольский	50,0
	Палеоцен	Ранний	Бахчисарайский	58,0	8,0
		Поздний	Качинский	62,0	4,0
			Инкерманский	66,0	4,0

Они всегда используются для подтверждения уже принятой периодизации.

Очень часто значительные расхождения в радиологических и биостратиграфических датировках объясняются недостаточно надежной привязкой анализируемых образцов к геохронологической шкале, недостаточной геологической изученностью, особенно в случаях отбора проб из интрузий, относительный воз-

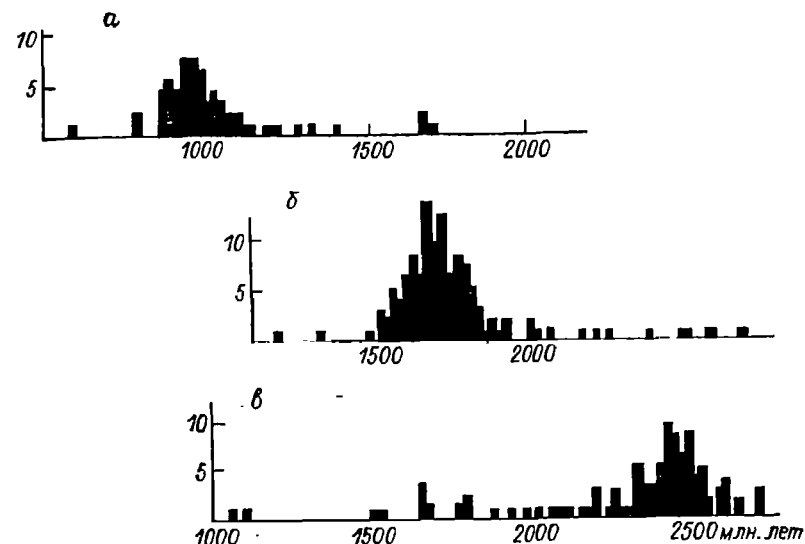


Рис. 5.33. Гистограммы данных определения абсолютного возраста слюд калий-аргоновым методом в трех тектонических провинциях Канадского щита (по Дж. Ферхугену и др. [Земля, 1974]).

Провинции: а — Гренвилл, б — Черчилл, в — оз. Верхнего. По оси ординат — количество определений.

раст которых далеко не всегда может быть определен. Поэтому радиологические данные и в дальнейшем будут использоваться в качестве сопутствующих при стратиграфических сопоставлениях, и в этом отношении радиологическую хронометрию, строго говоря, нельзя рассматривать в качестве метода стратиграфии. Поэтому, в частности, мы вынуждены отказаться от предложенного Ю. В. Тесленко [1976] очень четкого термина «нуклеостратиграфия» и сохранить более отвечающее сути название «радиологическая хронометрия».

Резюмируя сказанное, можно отметить, что радиологическая хронометрия придает размерность стратиграфическим единицам. В этом заключается ее главное значение, которое, без сомнения, будет все более и более возрастать по мере усовершенствования метода и увеличения точности геологической привязки анализируемых образцов.

### 5.1.7 Палеомагнитный метод

Результаты изучения магнитного поля геологического прошлого на протяжении последних 25 лет весьма широко использовались при решении кардинальных проблем глобальной тектоники, палеогеографии и палеоклиматологии. Затем была

показана возможность применения палеомагнитных данных для расчленения и корреляции разрезов [Храмов А. Н., 1957, 1958].

Объем исследований, посвященных применению палеомагнетизма для целей стратиграфии, непрерывно возрастает, и в настоящее время палеомагнитные данные, увязанные с результатами палеонтологических исследований и определениями абсолютного возраста, уже находят практическое применение в стратиграфии (например, при установлении границы перми и триаса [Храмов А. Н., 1963]; при расчленении неоген-четвертичных отложений [Сох, 1969] и т. п.).

Использование палеомагнетизма в стратиграфии основано на том, что в истории Земли происходили многократные инверсии магнитного поля, обусловленные изменением вектора первичной намагниченности ( $J^0_n$ ) на  $180^\circ$ . Это обстоятельство позволяет расчленять разрезы на ряд горизонтов прямой и обратной намагниченности. Инверсии магнитного поля происходили неравномерно во времени: длительные интервалы времени характеризуются постоянством направления вектора первичной намагниченности, эти интервалы чередуются, однако, с периодами многократных инверсий. Такое неоднородное строение палеомагнитных разрезов позволяет выделять характерные реперы и существенно повышает точность корреляции. Если учесть, что каждая инверсия магнитного поля Земли происходила одновременно, то границы скоррелированных палеомагнитных горизонтов являются строго изохронными, а сама палеомагнитостратиграфия наряду с использованием ортофаун и определениями абсолютного возраста принадлежит к числу методов непосредственной корреляции.

Е. Ирвинг и А. Н. Храмов разработали ряд предложений по номенклатуре и классификации палеомагнитных стратиграфических подразделений. А. Н. Храмов предложил называть палеомагнитным горизонтом «интервал с одной и той же прямой или обратной первичной намагниченностью пород» [Храмов А. Н., Шолпо Л. Е., 1967], а группу горизонтов с характерным их чередованием выделять в качестве палеомагнитной зоны. При этом палеомагнитные зоны прямой намагниченности получают индекс  $N$ , а обратной — индекс  $R$ . Е. Ирвинг [Irving, 1964] предложил именовать подразделения палеомагнитной шкалы по месту их выделения.

Разумеется, при сопоставлении горизонтов прямой и обратной намагниченности только по их знаку всегда возможна ошибка, обусловленная размывами, перерывами в осадконакоплении и фаціальными изменениями пород. Однако эти сопоставления могут корректироваться характером колебания направления вектора  $J^0_n$ , а также степенью отклонения  $J^0_n$  от вектора современного магнитного поля Земли  $H$ . Так, для европейской части СССР угол между  $J^0_n$  (пряма намагничен-

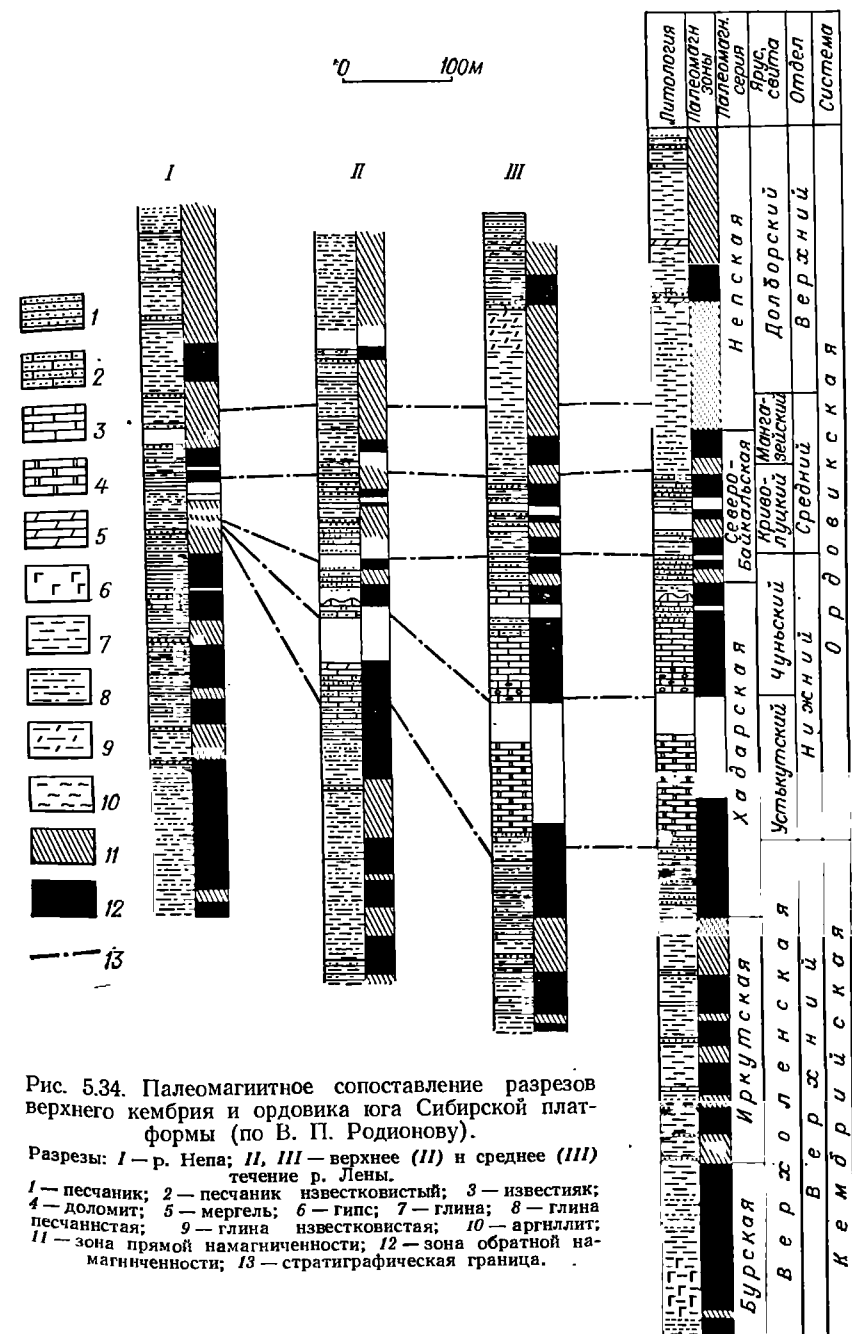


Рис. 5.34. Палеомагнитное сопоставление разрезов верхнего кембрия и ордовика юга Сибирской платформы (по В. П. Родионову).

Разрезы: I — р. Непя; II, III — верхнее (II) и среднее (III) течение р. Лены.

1 — песчаник; 2 — песчаник известковистый; 3 — известняк; 4 — доломит; 5 — мергель; 6 — гипс; 7 — глина; 8 — глина песчаная; 9 — глина известковистая; 10 — аргиллит; 11 — зона прямой намагниченности; 12 — зона обратной намагниченности; 13 — стратиграфическая граница.

ность) и  $H$  составляет около  $10^\circ$  для неогена,  $20^\circ$  для палеогена,  $40^\circ$  для перми и т. д. [Храмов А. Н., Шолпо Л. Е., 1967].

Палеомагнитостратиграфические исследования могут привлекаться для расчленения, корреляции и картирования, широких региональных сопоставлений и, наконец, для разработки общей палеомагнитной стратиграфической шкалы. Как известно, палеомагнитные данные явились одними из основных при возрождении мобилистских представлений в тектонике. Исходя из признания достаточно сложных взаимных перемещений отдельных блоков земной коры, можно думать, что и характеристики палеомагнитных подразделений на разных щитах и плитах будут неодинаковы. Поэтому основной задачей региональных палеомагнитостратиграфических работ являются поиски коррелятивов для сопоставлений осадочных толщ и разработка сводных разрезов крупных участков земной поверхности (рис. 5.34, 5.35). Сопоставление шкал отдельных крупных регионов между собой и с данными биостратиграфии и определений абсолютного возраста позволяет составлять общие шкалы, примером которых может быть известная шкала палеоцен-плейстоценовых отложений А. Кокса (рис. 5.36).

В последнее время А. Н. Храмов совместно с Э. А. Молостовским предложили общую палеомагнитную шкалу фанерозоя, в которой выделяется 10 последовательных гиперзон, соответствующих временным интервалам от 25 до 90 млн. лет и более или менее отвечающих геологическим системам (рис. 5.37).

Палеомагнитные исследования оказываются эффективными и при геологосъемочных работах [Храмов А. Н., 1976]. Детальное расчленение разрезов и прослеживание их по площади позволяют составлять карты палеомагнитных горизонтов, часто оказывающиеся более детальными, чем обычные геологические карты. Подобные работы (рис. 5.38) проводились в Закарпатье [Михайлова Н. П., Глевасская А. М., Цыхора В. Н., 1974], в верховьях Северной Двины [Балабанов Ю. П., Буров Б. В., Боронин В. П., 1975], в Приморском крае [Белоконь В. И., Кочечура В. В., Шолпо Л. Е., 1973] и др. Наконец, палеомагнитные исследования позволяют в ряде случаев уточнить датировку толщ горных пород, что имеет особое значение для неморских серий. Так, работами А. Я. Кравчинского, Ю. А. Новокшенова и П. И. Шамеса [1976] было установлено, что в бассейне верховьев р. Нижней Тунгуски отложения, сопоставляемые ранее с бургуклинской свитой нижней перми, на самом деле имеют позднепермский (дегалинский) возраст, а корвунчанская свита, датированная индским веком, должна быть отнесена к оленёкскому ярусу.

Широкое использование палеомагнитных данных в практической стратиграфии в настоящее время ограничивается техническим несовершенством самого метода, его значительной трудоемкостью, необходимостью составления большого числа опорных

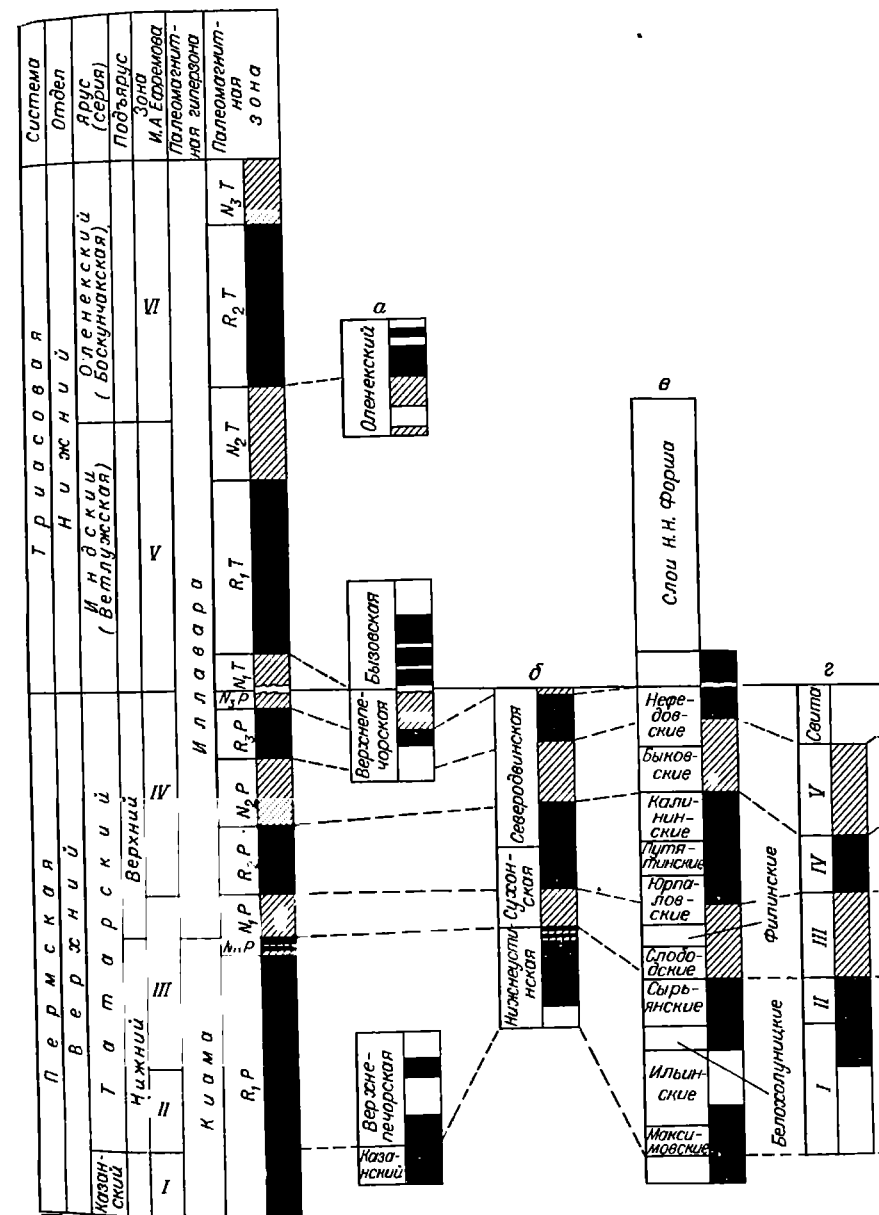


Рис. 5.35. Сводный палеомагнитостратиграфический разрез и сопоставление отложений верхней перми и нижнего тряса Русской платформы (по А. Н. Храмову, И. А. Погарской, И. П. Слауцнтайс [Палеомагнетизм..., 1974]).

а — Печорский район, б — Северная Двина, в — р. Вятка, г — Казанское Поволжье. Слева — сводный палеомагнитный разрез.

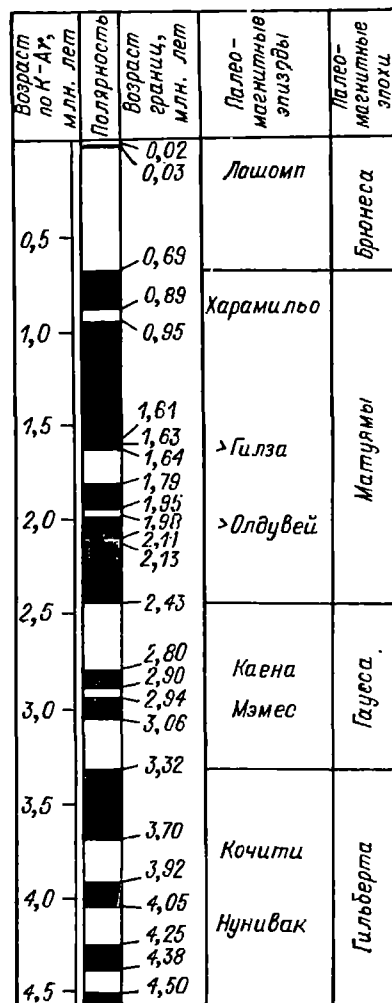


Рис. 5.36. Магнитохронологическая шкала плиоцен-плейстоцена, построенная путем привязки зон прямой и обратной намагниченности к определениям абсолютного возраста калий-аргоновым методом (по А. Коксу [Сох, 1969]).

Рис. 5.37. Шкала палеомагнитных гиперзон фанерозоя (по А. Н. Храмову, Э. А. Молостовскому [1976]).

Система	Возраст млн. лет	Гиперзона
N + Q		
P	50	Среднеазиатская NR
K	100	Джалал NR
J	150	Гиссарская NR
T	200	Ньюарк N
P	250	Иллава NR
C	300	Киам R
D	350	Донецкая Rn
S	400	
O	450	Байкальская Nr
	500	Сибирская Rn
E	550	Арчинская R

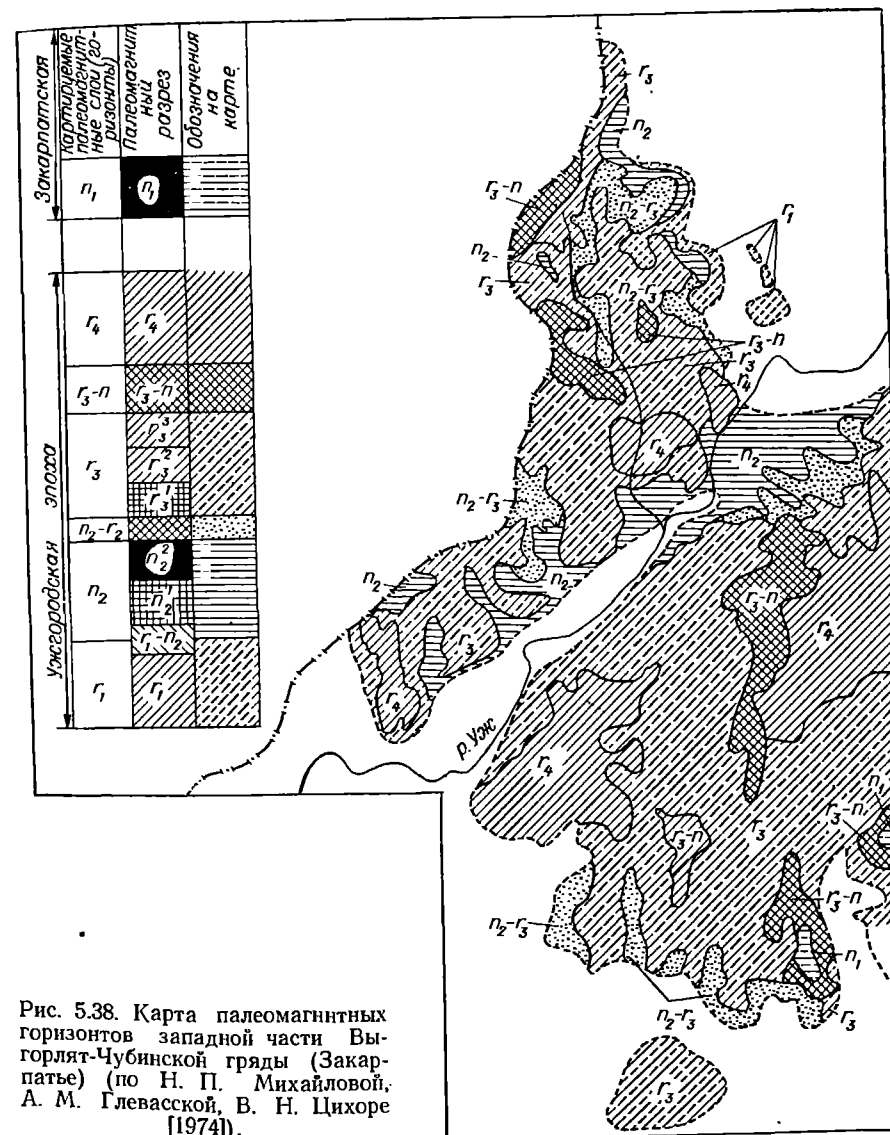


Рис. 5.38. Карта палеомагнитных горизонтов западной части Выгорлят-Чубинской гряды (Закарпатье) (по Н. П. Михайловой, А. М. Глеваской, В. Н. Цихоре [1974]).

разрезов ввиду взаимного перемещения в геологическом прошлом отдельных участков земной коры, наконец, незначительной намагниченностью ряда пород, что пока не позволяет использовать эти породы для целей палеомагнитной стратиграфии. До сих пор наиболее впечатляющие результаты в области палео-

магнитной стратиграфии получены для красноцветных и вулканогенных серий. В то же время мощные эталонные разрезы морских отложений характеризуются низкими показателями остаточной намагниченности и поэтому являются пока малоперспективным объектом для палеомагнитных исследований. Поэтому в настоящее время трудно говорить о степени совпадений геохронологической и палеомагнитной шкал. С другой стороны, пока выявлено еще недостаточное число биостратиграфических уровней, тесно увязанных с границами палеомагнитостратиграфических подразделений. Это обстоятельство при недостаточной индивидуализации дробных палеомагнитных стратиграфических единиц также ограничивает возможности метода и, в частности, может приводить к ошибочным корреляциям в случаях размывов и скрытых перерывов.

## 5.2. БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД

Как мы уже неоднократно подчеркивали, биостратиграфический метод является ведущим среди других методов расчленения и сопоставления осадочных толщ. Такое положение обусловлено, с одной стороны, его универсальностью (действительно, применение биостратиграфических методик возможно для осадочных толщ любого литологического состава, любой фациальной принадлежности и, за исключением наиболее древних образований, любого возраста), а с другой — объективностью, поскольку биостратиграфические данные позволяют оценивать последовательность и взаимоотношения осадочных толщ с помощью критериев, в определенной степени абстрагированных от самих этих толщ. Из сказанного, однако, вовсе не следует, что биостратиграфия является основной точкой приложения сил при региональных и межрегиональных геологических исследованиях. Напротив, при геологосъемочных работах, например, гораздо больший удельный вес приобретают литолого-стратиграфические исследования, а при изучении закрытых территорий — использование электрокаротажа и т. п. Однако, проследивая какую-либо свиту, выясняя ее взаимоотношения с другими, одновозрастными, более древними или более молодыми свитами, сопоставляя разрезы по данным промысловой геофизики, геолог все время должен обращаться для контроля своих построений к биостратиграфическим материалам.

Будучи в значительной степени связанной с палеонтологией, биостратиграфия требует более специальной профессиональной подготовки, чем другие методы стратиграфических исследований. Вот почему в геологической литературе часто можно встретить некритическое отношение к методам биостратиграфии, основанное на наивной вере в их всемогущество, а с другой стороны, напротив, примеры недооценки этих методов и мало обоснованные (добавим, большей частью неэффективные) попытки под-

мены их более оперативными и дешевыми, зачастую недостаточно апробированными методиками. Поэтому настоящий раздел содержит изложение как общих основ использования органических остатков для целей стратиграфии, так и принципов и методов интерпретации данных о распространении этих остатков для расчленения, близкой и более отдаленной корреляции разрезов, сопоставления частных разрезов со стандартом для данного временного интервала (датировка). Особо рассмотрены возможности сверхдетальной (т. е. более дробной, чем зональная) стратиграфии и, наконец, разобраны различные случаи, осложняющие, иногда очень существенно, возможности использования этого метода.

### 5.2.1. Принципиальные основы палеонтологического метода в стратиграфии (исходные положения эволюционного учения и общей филогенетики)

Палеонтологический метод в стратиграфии в своей первоначальной форме возник еще в период господства идей фиксизма (постоянства видов), креационизма и катастрофизма. Как это ни парадоксально на первый взгляд, с метафизической фазой развития палеонтологии совпадает «героический период» истории стратиграфии и становления стратиграфической шкалы. Вопреки принятым на вооружение неверным теоретическим предпосылкам, геологи и палеонтологи школы катастрофистов достигли больших успехов в разработке стратиграфии. Как показала А. И. Равикович [1969], их неотъемлемой исторической заслугой является первоначальная разработка и пропаганда палеонтологического метода. Успешно используя сравнительно-анатомический метод и признавая существование прогрессивного ряда сменявших друг друга фаун и флор, они подготовили почву для возникновения и победы эволюционной идеи.

Действительно, катастрофисты-«прогрессионисты» подчеркивали не только различия разновременных комплексов организмов, но и то обстоятельство, что после каждого принимаемого ими «переворота» вновь появляющаяся фауна и флора характеризовалась присутствием более высокоорганизованных форм жизни по сравнению с предшествующей эпохой творения. Поэтому, хотя прогрессионизм катастрофистов неотделим от креационизма, само по себе признание ими существования прогрессивного ряда животных и растений содействовало укреплению позиций эволюционистов.

Однако, несмотря на эти достижения палеонтологического метода в додарвинский период, он получил свое настоящее обоснование и полностью раскрыл таящиеся в нем возможности с победой дарвинизма и возникновением эволюционной палеонтологии.

Это обстоятельство требует хотя бы краткого рассмотрения основных положений теории эволюции и общей филогенетики, составляющих принципиальную основу палеонтологического метода в стратиграфии, другими словами, биостратиграфического метода.

Закономерности эволюционного процесса. При рассмотрении закономерностей эволюции необходимо иметь в виду тот значительный разнобой в оценке отдельных обобщений, который существует в этой области. Одно и то же положение рассматривается иногда одними авторами в качестве закона эволюции, тогда как другие квалифицируют его лишь как эмпирическое обобщение или правило. Ниже мы рассмотрим ряд таких положений, имеющих первостепенное значение для биостратиграфии.

*Необратимость эволюции.* Несомненно, что в качестве принципиальной первоосновы использования палеонтологического метода в стратиграфии должен быть признан закон необратимости эволюции. Как указывалось выше, при рассмотрении принципов стратиграфии, необратимость присуща в большей или меньшей степени всем процессам в мире и может рассматриваться как проявление одного из всеобщих диалектических законов развития — закона отрицания отрицания. Необратимость эволюционного процесса была впервые установлена Ч. Дарвином, указавшим в XI главе «Происхождения видов», что вид, раз исчезнувший, никогда не может появиться снова. Другая, более общая и углубленная формулировка этого положения была дана им в следующем виде: «Группа, однажды исчезнувшая, никогда не появляется вновь; другими словами, ее существование, пока она вообще сохраняется, не имеет прерывов». В качестве «закона эволюции» положение о ее необратимости было выдвинуто в 1893 г. Л. Долло, предложившим для него следующую краткую формулировку: «Организм не может вернуться даже частично к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков». Многие авторы принимают это положение. Ч. Дарвина — Л. Долло в качестве одного из главных законов эволюции. Однако в «Кратком очерке теории эволюции» Н. В. Тимофеева-Ресовского, Н. Н. Воронцова, А. В. Яблокова [1969] указанное обобщение фигурирует лишь в качестве «эмпирического правила» («правило Долло»). Последнее обозначение нельзя считать справедливым, учитывая общепризнанный приоритет Ч. Дарвина в установлении этой закономерности.

В литературе неоднократно обсуждался вопрос относительно универсальности положения о необратимости эволюции. Ряд авторов, прежде всего П. П. Сушкин [1915], а в последнее время М. А. Шишкин [1968], допускают возможность обратимости отдельных структур или признаков в филогенезе. В свете установления существования обратных мутаций теоретическая возмож-

ность последнего получает генетическое обоснование. При этом повторно возникшие признаки могут быть аналогичны ранее исчезнувшим. Однако допущение возможности повторного возникновения отдельных признаков отнюдь не опровергает закона необратимости эволюции, имеющего в виду макроэволюционные изменения. Этот закон имеет своим объектом необратимость не отдельных признаков, а видов как исторических систем. Поэтому, принимая закон необратимости эволюции, не следует его абсолютизировать или, как говорит И. И. Шмальгаузен [1969], расширять его за пределы его применимости, в частности, делать на основании его филогенетические выводы, не подкрепленные другими данными.

По М. А. Шишкину [1968], существуют два основных пути, приводящие к принципиальной возможности ограниченного эволюционного повторения. Первый из них — это простая задержка развития, или неотения. Вторым путем частичного восстановления утраченных структур является реактивация скрытых возможностей развития, осуществляемая в рамках неизменной наследственной основы, имеющая довольно широкое распространение. Практически такое ограниченное эволюционное повторение представляют случаи возникновения гомеоморфных форм, которые рассматриваются в главе, посвященной осложняющим моментам в применении палеонтологического метода в стратиграфии. Здесь мы ограничимся лишь напоминанием того, что неповторимость вида следует отличать от неповторимости формы, коль скоро следствием гомеоморфии является в некоторых случаях возникновение «симулирующих форм».

И. И. Шмальгаузен приводит примеры ошибок, возникавших на почве неправильного истолкования необратимости эволюции и излишне широкого понимания закона Ч. Дарвина — Л. Долло. Несмотря на указанные ограничения, последний имеет первостепенное значение в теории эволюции, означая невозможность повторного появления исчезнувших в прошлом отдельных видов или группы видов. Вполне очевидна роль этого закона применительно к биостратиграфии.

В законе необратимости эволюции с наибольшей полнотой выявляется сущность ведущего значения палеонтологического метода в общем комплексе методов стратиграфии. Необратимость свойственна и неорганическим процессам, составляющим в совокупности единый процесс геологического развития Земли, в частности процессам тектогенеза, магматизма, осадконакопления. Однако по своим конкретным проявлениям необратимость органической эволюции выражена значительно отчетливее, чем необратимость неорганических процессов, где она часто маскируется явлениями периодичности.

*Прогрессивная специализация филогенетических ветвей (правило Ш. Денере).* Напомним прежде всего, что специали-

зация, или теломорфоз по И. И. Шмальгаузену, означает узкое приспособление к частным условиям существования, при котором связи организма со средой становятся более ограниченными. Этим вызваны одностороннее развитие некоторых органов и частичная редукция других. Прогрессивная дифференциация при специализации ограничивается теми частями организма, которые его связывают со своеобразными условиями данной частной среды. При специализации не происходит общего повышения уровня организации, которая в целом остается на одном уровне или иногда даже испытывает некоторое упрощение. Специализация проявляется тем резче, чем своеобразнее та особая среда обитания, к которой приспособился организм.

Еще в 1907 г. Ш. Депере [1921] сформулировал положение, названное им законом прогрессирующей специализации филогенетических ветвей. Сущность этого закона заключается в том, что группа, вступившая в своей эволюции на путь специализации, в дальнейшем развитии будет обычно характеризоваться усилением специализации в ранее наметившемся направлении. Как указывает И. И. Шмальгаузен [1969], это обусловлено тем, что животное, организация которого несет черты специализации, обычно не способно выйти за границы условий той среды, в которой оно исторически развивалось, и может лишь в ее пределах избрать себе более частную среду. Последнее означает дальнейшую, все более глубокую специализацию в «избранном» направлении.

Классическим примером прогрессирующей специализации может служить постепенное превращение пятипалой стопоходящей конечности первичных копытных в одно- или двухпалую пальцеходящую конечность большинства современных копытных.

Авторы «Краткого очерка теории эволюции» [Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В., 1969] рассматривают положение Ш. Депере в качестве эмпирического обобщения и называют его «правилом прогрессивной специализации». Нам представляется, что первоначальная формулировка Ш. Депере «прогрессирующая специализация» более точно означает сущность рассматриваемой закономерности, в которой речь идет об усилении или углублении специализации, что отнюдь не всегда является прогрессивной чертой развития филума. Как справедливо отмечается в «Кратком очерке», любое приспособление может утратить свое адаптивное значение при превышении некоторой качественной границы. В случаях достижения высокой степени специализации, при которой по морфофизиологическим причинам происходит резкое сокращение эволюционной пластичности, возникает угроза первоочередного вымирания соответствующего филума при изменении условий среды в его адаптивной зоне.

Как уже отмечалось выше, при специализации, или теломорфозе, одностороннее развитие одних органов нередко сопровождается редукцией других. В случае, если условия внешней среды не только своеобразны, но и упрощены, явления редукции проявляются более резко и происходит упрощение организации. Таким образом, крайняя специализация может иметь своим следствием более или менее значительный регресс, иногда приводящий к общей дегенерации (катаморфоз по И. И. Шмальгаузену). Во многих случаях путем катаморфоза происходит переход к сидячей или малоподвижной жизни и переход от обитания в открытых пространствах к скрытой, защищенной жизни в грунте или растительных тканях.

В некоторых случаях крайняя специализация проявляется в одностороннем развитии некоторых органов или отдельных структур, что сближает «сверхспециализацию» с явлениями гипергенеза, о которых говорится несколько дальше.

Очень важной особенностью эволюции по типу теломорфоза (телегенез) является необратимость этого процесса. Ни генетически, ни морфологически телегенез не может привести к адаптивной радиации (аллогенезу), ни тем более к общему повышению уровня организации (ароморфозу). Поэтому изменения частных условий существования ставят специализированную ветвь под угрозу первоочередного вымирания. Это не означает, однако, что высокая специализация сама по себе является непосредственной причиной вымирания. Известно много длительно существовавших даже в масштабах геологического времени специализированных групп и отдельных крайне специализированных форм. Но большинство специализированных групп животных и растений, эволюция которых происходила по типу узкой специализации, в конечном счете вымерло.

Близкую к крайней специализации, но особую форму адаптивного направления филогенеза («адаптиогенеза») представляет собой гиперморфоз, под которым И. И. Шмальгаузен понимает «переразвитие» организма, связанное с изменением внешней среды и ведущее к нарушению нормальных соотношений между ними. Гиперморфоз является «развитием за пределы целесообразного» и выражается в гипертрофированном развитии отдельных структур и органов, не имеющих явно выраженного приспособительного значения, а иногда являющихся как будто даже помехой организму. Как частный случай гиперморфоза рассматривается и быстрое увеличение общих размеров тела в процессе эволюции филума, приводящее к возникновению гигантских форм. Гигантизм при этом обычно сопровождается диспропорцией в развитии отдельных частей тела и органов. Примером могут служить малые размеры головы и ничтожный объем головного мозга у динозавров.

Явления гиперморфоза, издавна привлекавшие внимание палеонтологов, нередко получали истолкование с позиций авто-

генного ортогенеза, т. е. признания существования внутренних факторов, вызывающих развитие в определенном направлении. В качестве таких факторов принималась «биологическая инерция», филогеронтизм (старение филогенетических ветвей) и пр. Однако, как указывает И. И. Шмальгаузен, явления гиперморфоза находят свое рациональное истолкование в рамках дарвинизма. Хотя эволюция в целом является адаптивной, организация не всегда изменяется вполне согласованно во всех своих частях. Положение о переживании наиболее приспособленного не означает переживания вполне приспособленного. Речь может идти лишь о наиболее совершенной организации из фактически имеющихся, которая по существу может оказаться далеко не совершенной.

Гиперморфоз, так же как и крайнюю специализацию, нередко рассматривают в качестве причины вымирания. Однако и в этом случае такие проявления переразвития, как гигантизм и эксцессивный рост некоторых структур (рогов, бивней и т. п.), не являются непосредственной причиной вымирания соответствующей группы. Эти явления, скорее, можно рассматривать как симптомы вымирания — показатели того, что организм в своих изменениях не поспевает за быстрым изменением жизненных условий и что последние начинают складываться неблагоприятно. Для специализированного организма всегда существует угроза отстать от темпов изменения среды. Наблюдения над явлениями гипергенеза у домашних животных показывают, что их следствием нередко бывает резкое снижение коэффициентов размножения и выживаемости. Это, по-видимому, имело место и при вымирании гипергенных форм в геологическом прошлом. Интересно, что элиминация гипергенных форм во всех группах позвоночных привела к тому, что эта форма адаптивного генеза в современную эпоху не играет такой роли как в геологическом прошлом. Даже крупнейшие формы современной фауны, такие как слоны или киты, не обнаруживают в своей организации признаков гипергенеза, и нет биологических показателей к вымиранию этих животных. Быстрое сокращение их численности представляет собой результат проявления антропогенных факторов, а не естественного хода событий.

Увеличение размеров тела в филогенетических ветвях («правило Э. Копа—Ш. Депере»). Общая тенденция к увеличению размеров тела в ходе филогенеза была впервые подмечена еще в конце прошлого столетия американским палеонтологом Э. Копом на основании изучения развития различных групп позвоночных. Позднее, уже в начале XX в., французский палеонтолог Ш. Депере рассматривает открытую Э. Копом закономерность в качестве «закона увеличения роста в филогенетических ветвях», который он считает «одним из самых любопытных и самых важных законов», установленных палеонтологами. Ш. Депере отмечает, что этот закон проявляется во всех клас-

сах животных, но среди позвоночных встречаются более многочисленные и явные примеры его действия, чем у беспозвоночных. В свете современных данных тенденцию к увеличению размеров тела в филогенетических ветвях следует признать действительно широко распространенной среди позвоночных, хотя не имеющей всеобщего значения. В еще большей степени последняя оговорка относится к беспозвоночным, несмотря на имеющиеся среди них примеры явного увеличения размеров в филогенезе.

Некоторые исследователи рассматривают увеличение размеров тела в филогенетических ветвях как частный случай проявления выше рассмотренного правила прогрессивной специализации. Такой подход позволяет наметить причинное объяснение этой закономерности. В частности, для позвоночных, особенно гомойотермных (теплокровных), увеличение размеров тела связано с более экономным обменом веществ. Теплопродукция у этих животных пропорциональна объему их тела, и возрастание ее соответствует кубу линейных размеров, тогда как потеря тепла происходит пропорционально поверхности тела, т. е. соответствует квадрату линейных размеров. Таким образом, крупное животное лучше сохраняет тепло и нуждается в относительно меньшем количестве пищи для поддержания его постоянной температуры, чем мелкие животные. Во многих случаях увеличение роста в филогенетических ветвях объясняется тем, что согласно правилу Э. Копа (см. ниже) предковые группы обычно являются мало специализированными, а таковыми чаще бывают мелкие особи, чем крупные.

В тех случаях, когда в филогенезе наблюдается не увеличение, а уменьшение размеров тела, этому также можно найти рациональное объяснение. Так, по Н. В. Тимофееву-Ресовскому, Н. Н. Воронцову, А. В. Яблокову [1969], грызуны при переходе к подземному образу жизни и обитанию в норах, по-видимому, уже вторично стали более мелкими.

Таким образом, правило увеличения размеров тела в филогенетических ветвях как производное от более общего правила прогрессирующей специализации, подобно последнему, является относительным и реализуется лишь при определенных условиях.

Происхождение новых групп от неспециализированных предков (правило Э. Копа). Еще одним важным для биоистратиграфии эмпирическим обобщением является положение, известное в литературе по эволюционному учению как «закон неспециализированного» или «правило Э. Копа». Суть этого положения заключается в том, что новые крупные группы организмов, особенно выходящие на путь арогенеза, связанный с общим повышением уровня организации, берут свое начало не от высших представителей предковой группы, а от сравнительно примитивных, неспециализированных. Так, млекопитающие возникли не от таких высокоспециализированных рептилий, как архозавры,

а от менее специализированных териодонтов. В царстве растений голосеменные растения произошли не от специализированных, а от примитивных прапапоротников. Это находит объяснение в том, что мало специализированные организмы легче переходят из одной среды в другую, а поэтому скорее могут выйти из частных условий среды в более общие, широкие условия. Как указывает И. И. Шмальгаузен [1969], более универсальные неспециализированные формы, не обладая преимуществами специализированных, всегда находятся в условиях жестокой борьбы за существование. Но в этой борьбе они непрерывно совершенствуются. Так, в историческом плане именно жесткие требования среды вызывают к жизни приспособления, которые потом оказываются перспективными и приводят группу на путь арогенеза.

Несмотря на то что правило Э. Копса находит свое подтверждение в эволюции многих групп животных и растений, оно не универсально. В последнее время Э. И. Воробьевой были получены данные, свидетельствующие о том, что наземные позвоночные происходят от наиболее специализированных кистеперых рыб, приспособившихся к обитанию на мелководье в прибрежной зоне водоемов. Имеются и другие примеры того, что в некоторых случаях на путь ароморфоза могли вставать и узкоспециализированные организмы. Поэтому положение о том, что новые группы, являющиеся родоначальниками крупных таксонов, происходят от генерализированных, а не от узкоспециализированных форм, может быть принято лишь в самой общей форме. Сказанное, впрочем, как мы видим, относится и к другим «правилам» макроэволюции, за исключением, быть может, закона необратимости эволюции.

Это обстоятельство, однако, не снижает принципиального значения рассмотренных закономерностей как одной из теоретических основ палеонтологического метода в стратиграфии. Оно лишь должно предостеречь от упрощенного, излишне прямолинейного их использования.

Проблема неограниченности эволюционного процесса. Подобно большинству других проблем эволюции, вопрос о том, ограничен ли эволюционный процесс или же эволюция беспредельна, является предметом длительных дискуссий, рассмотрение которых было бы здесь нецелесообразно. Мы ограничимся лишь изложением главнейших выводов, к которым можно прийти в итоге сравнительного анализа различных точек зрения по данному вопросу. Прежде всего необходимо признать, что, как было показано еще Ч. Дарвином, органическая эволюция в целом является неограниченной. Само существование органических форм предполагает их непрерывное историческое развитие. По мнению А. А. Парамонова [1945], можно говорить о законе неограниченности и неизбежности эволюционного процесса, выраженного в непрерывном обновлении форм жизни

в филогенетических ветвях. Справедливость этого утверждения вытекает из того, что развитие организмов происходит на фоне изменяющихся условий среды, вследствие чего абсолютная гармония организма и окружающей среды является недостижимой. Поэтому виды, существуя в эволюционных изменениях, всегда находятся на пути к недостижимому абсолютному совершенству.

Как указывает А. А. Парамонов, любой организм в процессе жизнедеятельности воздействует на среду обитания и обуславливает ее изменение. А это вызывает возникновение новых отношений организма со средой и необходимость новых адаптаций, иными словами, новых эволюционных преобразований. И хотя пределы изменяемости каждой отдельной формы ограничены, вид как целое обладает более широкими возможностями изменения вплоть до превращения в другие виды. А образование новых таксонов более высокого ранга еще более расширяет пределы изменяемости данной филогенетической ветви.

Изложенным представлениям о неограниченности и неизбежности эволюции противостоят различные «предельческие» концепции, утверждающие в той или иной форме ограниченность органической эволюции. К числу их относится теория филогеронтизма (старения филогенетических ветвей), берущая свое начало от современника Ж. Кювье итальянского палеонтолога Дж. Брокки и в различных модификациях принимаемая многими современными исследователями. К предельческим концепциям относятся также представления о «тупиках сверхспециализации», «прогрессирующем уменьшении изменчивости», дегенерации и т. п.

Признание неограниченности эволюции в изложенном выше ее понимании, не означает, однако, допущения беспредельных возможностей эволюционного процесса в отношении занятия представителями какой-либо группы организмов любой адаптивной зоны. Дело в том, что, как указывают авторы «Краткого очерка теории эволюции» [Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В., 1969], эволюционный процесс характеризуется не только приобретением особенностей, обеспечивающих возможность освоения новых адаптивных зон, но и возникновением системы запретов, не позволяющей на данном морфо-физиологическом уровне организации осваивать определенные участки среды. Так, например, акуловые рыбы не могут жить в пресных водах, а амфибии неспособны к существованию в морях. Таким образом, возникновение филогенетических ограничений или «запретов» обуславливает «канализованность» процессов филогенеза. Именно в этом смысле авторы «Краткого очерка», по-видимому, понимают выдвигаемое ими положение об «ограниченности эволюционного процесса» (с. 241).

В качестве общего вывода по рассматриваемой проблеме мы приведем следующее высказывание Н. А. Ливанова [1955,

с. 396]: «Эволюция неограниченна. Но в каждом конкретном случае ее направление и ее формы определяются, с одной стороны, той организацией, той природой организма, которые выработались в длительном процессе эволюции и являются результатом всей филогенетической истории, а с другой — условиями биотической и абиотической среды и возможностью их освоения организмом». В этих словах очень точно, на наш взгляд, сформулирована сущность проблемы неограниченности эволюции и ее соотношения с вопросом о направленности или канализованности эволюции, к которому мы переходим ниже.

Проблема направленности эволюционного процесса. Идея направленности эволюции, берущая начало в учении Ж.-Б. Ламарка, была в значительной мере скомпрометирована механической или телеологической ее трактовкой многими ее сторонниками. Это обстоятельство явилось причиной того, что до недавнего времени большинство биологов-дарвинистов склонялись либо к полному отрицанию направленности эволюционного процесса, либо к ограниченному признанию ее как частных случаев филогении отдельных групп организмов.

Одним из первых биологов-дарвинистов, обосновавших то обстоятельство, что признание существования определенных направлений эволюционного процесса вполне согласуется с дарвинизмом, явился И. И. Шмальгаузен. В последнее время идея направленности эволюционного процесса, освобожденная от телеологического и ортогенетического налета, приобретает все большее признание как среди биологов, так и среди философов. Основательный обзор современного состояния этой проблемы мы находим в работах Л. И. Хозацкого [1973] и С. В. Мейена [1975]. Оба указанных автора приходят к выводу о том, что эволюция характеризуется определенной направленностью, которая обнаруживается на всех уровнях развития.

Как подчеркивает Л. И. Хозацкий [1973, с. 121], «направленность эволюции и всякого развития вообще должна рассматриваться как обязательное свойство развития, находящее объяснение в свете положений детерминизма». В работе С. В. Мейена уделяется большое внимание анализу факторов, обуславливающих направленность эволюционного процесса. Признавая канализирующую роль абиотических внешних факторов, он обращает внимание на значение внутренних абиотических факторов. При этом имеются в виду физические (преимущественно механические) ограничения эволюционных преобразований. Несомненна и большая роль биотических факторов направленной эволюции, среди которых также различаются внутренние и внешние. Как и в случае абиотических факторов, роль внешних факторов достаточно очевидна и может быть продемонстрирована на примере явлений сопряженной эволюции (или коэволюции). Сложнее обстоит дело с внутренними биотическими факторами. В качестве основного, по-видимому, следует при-

знать телеономический характер эволюционного процесса\*, принимаемый рядом исследователей.

Как указывает В. Ф. Сержантов [1972, с. 77], «специфической особенностью живых систем является телеономный характер их структуры, их внутренняя активность, способность сохранять и совершенствовать себя, увеличивая свою упорядоченность, вопреки разрушающим действиям среды». Телеономичность эволюционного процесса наиболее отчетливо выражена в явлениях ортоселекции и стабилизирующего отбора, на которые впервые обратил внимание И. И. Шмальгаузен. Палеонтология дает большое число примеров ортоселекции, среди которых особенно большой интерес представляют случаи параллельного одионаправленного развития различных групп. Классическим примером в этом отношении является параллелизм в развитии семейства лошадиных в Старом свете и в Северной Америке, а также южноамериканских литоптерн.

В последнее время многочисленные примеры массовой направленной изменчивости приводили Л. Ш. Давиташвили [1970] и Е. В. Краснов [1973]. Оба указанных автора склонны придавать решающее значение в этих процессах наследственной изменчивости фенотипа в соответствии с изменениями среды обитания. Крайнюю точку зрения в этом вопросе высказал Е. В. Краснов [1973, с. 24], приходящий к выводу «о необходимости восстановить в правах концепцию параллелизма геологических и биологических процессов как наиболее материалистическое объяснение явлений направленности эволюции».

Следует отметить, что, несмотря на большое и все возрастающее число сторонников концепции направленной эволюции, ряд авторов занимают в этом вопросе более умеренные позиции по сравнению с выше рассмотренной точкой зрения. Так, И. И. Шмальгаузен, один из первых должным образом оценивший смысл явлений ортоселекции и стабилизирующего отбора, признавал существование «определенных направлений эволюционного процесса», но отвергал теорию направленной эволюции [1969, с. 405]. Весьма сдержанно к концепции направленной эволюции относятся и авторы «Краткого очерка теории эволюции» [Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В., 1969, с. 240, 241], считающие, что эволюция как процесс лишь производит впечатление направленности. Однако в действительности, по мнению этих авторов, ни в одном из приводимых па-

\* Телеономический (или телеономный) — термин, предложенный К. Питендраем для обозначения естественной целесообразности систем, обусловленной их структурой. Близкое по смыслу значение имеет термин «биономный» (К. Ротшу). Введение этих терминов продиктовано стремлением избежать употребления слова «телеология» ввиду укоренившейся в литературе ассоциации телеологии с виталистическими представлениями. По этим же причинам столь же односторонним считался русский термин «целесообразность», лишь недавно реабилитированный философами.

леонтологами примеров направленного развития признаков не было безупречно доказано существование направленности эволюции.

Столь же сдержанно, если не отрицательно, по поводу идеи направленной эволюции, отождествляемой им с концепцией ортогенеза, высказывается В. А. Красилов [1977а]. Анализируя ряд классических примеров однонаправленного изменения в филогенетических ветвях, он приходит к выводу об отсутствии в них доказательств длительного однонаправленного развития. Кратковременные периоды ортогенеза контролировались условиями отбора и потенциальным полиморфизмом генетической системы. Когда ресурсы последней, открывающие возможности развития в определенном направлении, оказывались исчерпаны, направленность эволюционного процесса резко изменялась. В. А. Красилов обращает особое внимание на изменение направленности эволюции, связанное с педогенезом, обозначаемым им как «неогенез» или фетализация.

Таким образом, проблема направленности эволюции еще не получила однозначного решения и требует дальнейшей более углубленной разработки. Между тем эта проблема имеет первостепенное значение для стратиграфии, в частности для установления геологического возраста и синхронизации отложений по уровню эволюционного развития отдельных форм (метод, часто обозначаемый как «эволюционный»). При этом многие исследователи отмечали факты более или менее синхронного преобразования в разных филогенетических ветвях. С другой стороны, известны многочисленные случаи, когда сходного или близкого уровня эволюционного развития достигают формы, геологически существенно разновозрастные.

Все это свидетельствует о необходимости осторожного подхода к использованию «эволюционного метода» в биоистратиграфии. От направленной эволюции в рассмотренном выше смысле следует отличать понятие прямолинейной эволюции, или ортогенеза в первоначальном узком его толковании. Как мы видим, некоторые исследователи, подобно В. А. Красилову [1977а], употребляют термин ортогенез как синоним направленной эволюции. Однако, как показал Дж. Симпсон, в действительности прямолинейная эволюция не может рассматриваться как сколько-нибудь широко распространенное явление. Даже такой считавшийся классическим пример ортогенеза, как увеличение размера тела и высоты зубов вместе с сокращением числа пальцев, характеризующие направление эволюции семейства лошадей в целом, не может рассматриваться как прямолинейное развитие. В действительности эти изменения происходили в разных ветвях сложно разветвленного дерева.

Неправомерность отождествления понятий направленности эволюции с ортогенезом как прямолинейным развитием с наибольшей очевидностью выявляется на ряде примеров прогрес-

сивного развития крупных филогенетических ветвей. В процессе развития каждой такой ветви выявляется основная тенденция ее филогенеза, идущего в направлении повышения уровня жизнедеятельности. Таким образом намечается магистральная линия пути, ведущего к прогрессу. Однако, как отмечает Л. И. Хозацкий [1973], в общем потоке однонаправленно эволюирующей группы на разных этапах исторического развития нередко возникают отклонения от магистрального пути прогресса. Последний вследствие этого далеко не всегда достигается кратчайшим путем и нередко характеризуется «зигзагами эволюции».

Ярким примером такого зигзага является мезозойский этап развития высших растений и наземных животных. И те и другие характеризуются в триасе тем, что их представители, наиболее продвинутые морфологически в направлении к покрытосеменным и млекопитающим, уступили место менее продвинутому в этом отношении группам. В конце мезозоя в обоих царствах произошло обратное изменение.

Как указывает Л. И. Хозацкий [1973], многочисленные отклонения от основного направления, составляющие сложный узор эволюционных путей, не противоречат идее направленности эволюционного процесса. Такие отклонения нередко наблюдаются в ходе всякого поступательного развития. Они отражают диалектический путь каждого процесса развития, характеризующегося противоречивостью. В органической эволюции регресс противоречиво взаимосвязан с прогрессом; но именно последний является определяющей чертой эволюционного развития. Прогресс представляет, как выше отмечалось, главное направление развития. Но без регрессивных уклонений от этого направления общий прогресс невозможен, хотя именно он выражает основную тенденцию развития.

Подводя итоги рассмотрения интересующей нас проблемы, следует признать, что, подобно другим закономерностям эволюционного процесса, направленность эволюции в отдельных конкретных случаях проявляется в различной степени, а иногда и полностью маскируется. Последнее обстоятельство, однако, нельзя признать достаточным основанием для отрицания направленности эволюции в целом.

Адаптиогенез и его основные формы. Как показал еще Ч. Дарвин, эволюционный процесс всегда имеет адаптивный характер, обусловленный одним из основных факторов эволюции — действием отбора. Правда, В. О. Ковалевский различал наряду с адаптивной эволюцией инадаптивную — положение, которое Л. Ш. Давиташвили предложил рассматривать в качестве «закона Ковалевского». Однако Л. Ш. Давиташвили показал, что процесс «инадаптивной эволюции» в смысле В. О. Ковалевского (инадаптивная редукция конечностей копытных) является также процессом адаптации. Поэтому понятия адаптивности и инадаптивности не имеют аб-

солютного значения. Инадаптивная ветвь представляет собой только менее адаптивную по сравнению с другой, более адаптивной.

И. И. Шмальгаузен [1969] рассматривает инадаптивную эволюцию как ошибочное направление специализации, которая в некоторых случаях приводит к «тупикам эволюции».

Таким образом, в конечном счете, следуя Ч. Дарвину, мы должны признать адаптивный характер эволюционного процесса в целом. Для обозначения возрастания приспособленности организма в процессе эволюции к окружающей среде, ведущей к его процветанию, проявляющемуся в увеличении численности и более широком распространении, А. Н. Северцов [1949] предложил термин «биологический прогресс», получивший широкое признание. Однако некоторые исследователи, в том числе Л. Ш. Давиташвили [1948, 1972], считают применение термина «биологический прогресс» в указанном смысле неудобным, ввиду его недостаточной определенности и даже некоторой двусмысленности. В силу этого обстоятельства мы предпочитаем пользоваться для обозначения понятия адаптивного эволюционного процесса более «нейтральным» термином «адаптиогенез», предложенным И. И. Шмальгаузенем.

Согласно определению А. А. Парамонова [1967], адаптиогенез должен пониматься как исторический (филогенетический) процесс становления и развития приспособлений, характеризующий жизненную форму вида или группы жизненных форм, принадлежащих к конкретным таксонам различного ранга. Адаптиогенез осуществляется под влиянием отбора и проявляется не только в развитии конкретных морфо-физиологических адаптаций, но и генетических, которые заключаются в повышении генетического многообразия. Последнее обеспечивает новые направления адаптиогенеза на новую жизненную форму при движущем (обновляющем) отборе или же, напротив, постоянство жизненной формы при возрастающем генетическом многообразии в случае стабилизирующего отбора. Обе формы отбора диалектически взаимосвязаны.

Изменения соотношений движущего и стабилизирующего отбора в непрерывном потоке адаптиогенеза становятся источником изменений форм или направлений последнего.

В качестве основных форм или направлений адаптиогенеза большинством советских биологов принимаются следующие: арогенез, аллогенез, телегенез, гипергенез, катагенез и гипогенез (педогенез)\*, к краткой характеристике которых мы и переходим.

\* Некоторые исследователи (А. Н. Северцов, И. И. Шмальгаузен, Л. Ш. Давиташвили) для обозначения тех же понятий пользуются соответственно терминами ароморфоз, алломорфоз, телеморфоз, гиперморфоз, катаморфоз, гипоморфоз (педоморфоз).

**Арогенез.** Под арогенезом понимается такой тип эволюционного развития, при котором происходит усложнение организации, поднимающее ее в целом на более высокий уровень. При арогенезе организмы приобретают адаптации, не только полезные для существования в занимаемой ими экологической нише, но и создающие возможность для выхода этих форм или их ближайших потомков за пределы данной экологической обстановки. Таким образом, как подчеркивает Л. Ш. Давиташвили [1972], основная черта арогенеза — это возникновение особенностей, открывающих перспективы дальнейшей экогенетической экспансии — освоения новых обстановок среды. Арогенез освобождает организмы от слишком тесных ограничений в связях со средой и как бы поднимает их над многими частными условиями. Характернейшим признаком преобразований арогенеза является их универсализм, открывающий возможности проникновения в новые среды обитания, еще не занятые другими организмами того же уровня развития.

Примерами арогенеза в эволюции беспозвоночных животных могут служить возникновение многоклеточной организации, развитие трехслойности (появление мезодермы), переход к билатеральной симметрии тела и т. д. В развитии позвоночных примером арогенеза является возникновение классов птиц и млекопитающих. В последнем случае общий объем жизнедеятельности характеризуется приобретением постоянной высокой температуры тела, связанной с появлением волосного покрова, развитием легких и кровеносной системы. Другими чертами арогенеза млекопитающих является сильное развитие конечностей, усовершенствование головного мозга и органов чувств и приобретение живорождения.

Для обозначения понятия, соответствующего арогенезу, в литературе существует ряд других терминов. А. Н. Северцов — автор термина «ароморфоз» (= арогенезу) — обозначал его как морфо-физиологический прогресс. Л. Ш. Давиташвили употребляет в качестве эквивалента термина арогенез (араморфоз) термин «эволюционный прогресс». Дж. Гексли обозначает понятие, соответствующее арогенезу или морфо-физиологическому прогрессу, термином «биологический прогресс», который А. Н. Северцов и И. И. Шмальгаузен использовали в существенно отличном смысле (см. выше).

Арогенезы представляют важнейшие узловые точки в процессе эволюции отдельных ветвей органического мира. Они являются источником возникновения крупных групп с принципиально новой организацией. Таким образом, фазы арогенеза близки понятию мегаэволюции по Дж. Симпсону. Периоды арогенеза характеризуются резким ускорением темпов эволюции, хотя было бы неправильно рассматривать их как мгновенный взрыв. Особенности арогенезов, позволяющие рассматривать последние как узловые точки в эволюции не только отдельных

филумов животных и растений, но и обоих этих царств в целом, делают их особо ценными для биостратиграфии. Многие стратиграфы пытаются использовать начало арогенного этапа в развитии ортостратиграфических групп в качестве границ стратиграфических подразделений высокого ранга.

Следует, однако, предостеречь от излишней переоценки значения арогенезов как маркирующих уровней для установления стратиграфических рубежей, памятуя, что арогенезы не представляют мгновенные взрывы. Л. Ш. Давиташвили [1972, с. 259], отмечая склонность некоторых исследователей различать в истории органического мира кратковременные моменты арогенеза и длительные периоды спокойного и «одноплоскостного» развития, квалифицирует подобные тенденции как катастрофические и считает их «наследием антидарвинизма прошлого века». Тем не менее он признает, что история органического мира свидетельствует о том, что «даже в эволюции наиболее высокоорганизованных форм были этапы преобладания алломорфоза или даже упрощения, редукции некоторых важных органов, иногда сменявшиеся ясно выраженным ароморфозом» [Там же, с. 280].

Многие авторы, следуя А. Н. Северцову, противопоставляют арогенез всем прочим перечисленным выше формам адаптиогенеза. Последние обычно объединяются под названием идио-генеза. Впрочем, Л. Ш. Давиташвили использует для обозначения любых приспособительных наследственных преобразований, отличных от ароморфоза, термин «алломорфоз» (=аллогенез), расширяя смысл этого понятия по сравнению с первоначальным. Мы принимаем здесь для обозначения всех форм адаптиогенеза, противопоставляемых арогенезу, термин «идиогенезы», представляющий собой видоизменение первоначального термина А. Н. Северцова «идиоадаптации».

Частными случаями идиогенезов являются такие его формы, как аллогенез, телегенез, гипергенез, катагенез и педогенез (гипогенез). Прежде чем перейти к непосредственному их рассмотрению, остановимся на вопросе соотношения идиогенезов с ароморфозами, поскольку эти соотношения представляют интерес для биостратиграфии.

Следуя А. Н. Северцову [1949], можно представить, что адаптиогенез, или процесс прогрессивной эволюции, протекает в большинстве случаев как бы уступами. При этом периоды общего подъема организации — арогенеза — чередуются с периодами, когда морфо-физиологического повышения уровня организации не происходит. Последнее, однако, не означает остановки эволюционного процесса вообще. В промежуточные периоды между этапами арогенезов организация животных может сильно изменяться количественно; но эти изменения качественно носят характер идиогенезов. Таким образом, арогенные этапы представляют собой узловые точки эволюционного процесса, за которыми следуют периоды усиленной адаптивной радиации.

Во время этих периодов все арогенные признаки, за редкими исключениями, остаются без изменения и становятся признаками высших таксонов. Однако наряду с ними появляются новые приспособительные признаки. Следовательно, в процессе адаптиогенеза происходит чередование этапов арогенезов с периодами идиогенезов, характеризующимися усиленной адаптивной радиацией.

Переходим к рассмотрению основных форм идиогенезов.

**Аллогенез.** Под этим названием понимаются преобразования организма, связанные с некоторыми изменениями среды, имеющие характер частных приспособлений и не представляющие узкой специализации. При аллогенезе, являющем собой наиболее обычный путь эволюции, не происходит ни значительного усложнения организации, ни ее упрощения. Энергия жизнедеятельности при арогенезах остается в основном на прежнем уровне, достигнутом в период предшествующего арогенеза. Аллогенез приводит к повышению численности популяций соответствующих видов — к интенсивной внутривидовой дифференциации на подвиды и экологические расы. С аллогенезом во многих случаях связана многосторонняя адаптивная радиация как результат приспособления к различным средам. При аллогенезе имеют место высокие темпы эволюции, хотя и не столь значительные, как при арогенезе. Вымирание для групп, развивающихся путем аллогенной эволюции, не характерно, хотя элиминация может иметь место при наступлении особо неблагоприятных условий.

Характерным примером аллогенеза может служить эволюция рептилий. Последние с завершением этапа своего становления как сухопутных тетрапод, который может быть обозначен как арогенез, встали на путь аллогенеза, характеризовавшийся усиленной адаптивной радиацией, происходившей особенно интенсивно в юрском и меловом периодах. При этом часть органов, например органы движения, преобразовалась более значительно, другие изменялись в меньшей степени, но общая организация рептилий в целом не повышалась, хотя и не подвергалась и заметным регрессивным изменениям. Аналогичный пример аллогенной эволюции представляет и адаптивная эволюция млекопитающих в кайнозой.

К сказанному об аллогенезах необходимо добавить, что границы между ними и арогенезами не всегда достаточно отчетливы. Так, морфологические адаптации птерозавров юры и мела к жизни в воздушной среде представляют собой типичный аллогенез. Однако вполне вероятно, хотя и не доказано, что у птерозавров имела место и интенсификация обмена веществ, характерная для арогенеза.

Рассмотренная форма адаптиогенеза, для обозначения которой нами принят термин аллогенез, фигурирует в литературе по эволюционному учению под разными названиями. Наиболее

ранним из них является предложенный Г. Осборном термин «адаптивная радиация». Позднее появились такие, как идио-адаптация, алломорфоз и распространенное среди западноевропейских и американских авторов обозначение кладогенез.

**Телегенез.** Под телегенезом принято понимать особый тип адаптиогенеза, при котором возникает специализация организма, обусловленная переходом от более общих условий среды к частным, более ограниченным. При телегенезе происходит одностороннее развитие некоторых органов, сопровождаемое частичной редукцией других. Прогрессивная дифференциация ограничивается теми частями организма, которые его связывают со своеобразными условиями данной частной среды, организация в целом остается на исходном уровне или даже подвергается некоторому упрощению. Специализация проявляется тем сильнее, чем своеобразнее условия среды обитания. При этом если данная среда не только своеобразна, но и упрощена, то упрощается и организация животного. Переход к жизни в крайне простых условиях существования, например к паразитическому образу жизни, приводит к значительному регрессу, приводящему к снижению жизнедеятельности, характерному для катагенеза.

Палеонтология дает нам много примеров отдельных специализированных форм и целых групп организмов, развивавшихся по типу телегенеза. Эти данные свидетельствуют о том, что большинство таких групп вымерло или находится на грани вымирания. В то же время имеется немало примеров длительного даже в геологических масштабах существования специализированных форм. Поэтому у нас нет основания рассматривать специализацию как таковую в качестве непосредственной причины вымирания. Однако условия среды существования специализированных форм в силу своей ограниченности создают предпосылки для их вымирания. Даже небольшое изменение частных и ограниченных условий существования ставит формы и группы, развивающиеся по типу телегенеза, в невыгодное положение по сравнению с таковыми, идущими по пути аллогенеза.

**Гипергенез.** Гипергенез, иногда обозначаемый также как «сверхспециализация» или «чрезмерная специализация», представляет собой, по И. И. Шмальгаузену, переразвитие организма, приводящее к нарушению нормальных его соотношений с окружающей средой. В качестве причины, обуславливающей гипергенез, с наибольшей вероятностью можно принять накопление мутаций дезинтегрирующего значения, что приводит к нарушению координации в развитии отдельных частей тела и органов. Гипергенез проявляется чаще всего в гигантизме, обычно сопровождающемся диспропорцией и неправильной координацией частей организма. У позвоночных (рептилий и млекопитающих) гигантизм нередко сопровождается разрастанием различных кожных образований (рога и кожные окостенения у ди-

нозавров из групп цератопсид и стегозавров, рога титанотериев и пр.). Непропорциональным ростом иногда объясняют эксцессивные структуры типа клыков саблезубых тигров и бивней некоторых слонов. Однако перечисленные и некоторые другие сходные с ними структуры могут получить и другое истолкование в свете учения о половом отборе.

Сторонники концепции филогеронтизма видят в гигантизме и различных эксцессивных структурах признаки старения филогенетических ветвей и рассматривают их как признаки близкого вымирания. Можно думать, однако, как и в случае телегенеза, что гипергенез сам по себе не является непосредственной причиной вымирания, однако переразвитие может привести к общему снижению жизнеспособности и коэффициентов размножения. Возникающие при гипергенезе диспропорции нередко приобретают значение инадаптивных признаков. Обусловленное этим общее снижение экологической пластичности создает для переразвитых форм угрозу первоочередной элиминации даже при незначительном изменении условий окружающей среды. Таким образом, гипергенные формы в большинстве случаев действительно оказываются характерными для конечных стадий филогенезов. Данное обстоятельство может быть использовано при биостратиграфическом анализе древних фаунистических комплексов.

**Катагенез.** Еще одну форму идиогенезов представляет катагенез (катаморфоз по И. И. Шмальгаузену, дегенерация по А. Н. Северцову). Этот тип эволюционных преобразований характеризуется регрессивными изменениями, связанными с переходом организмов к жизни в упрощенных условиях среды. В этих условиях некоторые органы оказываются целиком или частично излишними, и это влечет их редукцию, а также исчезновение функционально связанных с ними частей организма. Таким образом, при катагенезе имеет место дегенерация всего организма и общее понижение жизнедеятельности.

Очень существенно то обстоятельство, что упрощение условий среды при катагенезе не означает ограничения среды узкими пределами, как при телегенезе (специализации). В данном случае характерно упрощение соотношений между организмом и средой. Поэтому катагенез представляет собой в отличие от телегенеза деспециализацию. Последняя объясняется тем, что в условиях упрощенной среды частные приспособления утрачивают свое значение.

В большинстве случаев адаптиогенез по типу катагенеза связан с переходом от активной к малоподвижной или сидячей жизни. Путем катагенеза, по-видимому, произошли от более высоко организованных предков такие группы, как мшанки, Усоногие раки, птеробранхии, оболочники и др. Общая дегенерация, характеризующая катагенез, не означает биологического регресса. В условиях упрощенной среды (в основном водной)

снижается конкуренция и при избытке пищи общая дегенерация может привести к увеличению численности и интенсивной дивергенции, как это можно видеть на примере мшанок. Однако группы, возникшие в результате катагенеза, по-видимому, не способны вернуться на магистральный путь прогрессивной эволюции. Как указывает И. И. Шмальгаузен [1969, с. 422], «общая дегенерация никогда еще не выводила организм на путь нового морфо-физиологического прогресса». В этой «бесперспективности» катагенеза заключается его важное отличие от ниже рассматриваемой формы идиогенезов — педогенеза.

**Педогенез (гипогенез).** Последний тип идиогенезов, выделенный И. И. Шмальгаузен под названием гипоморфоза, рассматривался им как частный случай катоморфоза (катагенеза по принятой нами терминологии). Однако этот вид адаптиогенеза настолько своеобразен, что представляется вполне оправданным рассматривать его в качестве равноправной с другими формами идиогенезов. Под гипогенезом (гипоморфозом) И. И. Шмальгаузен понимал явление, ранее известное как педогенез, неогенез или фетализация и представляющее собой закрепленную отбором наследственную неотению. Неотения как случайное или даже обычное, но необязательное явление («факультативная неотения») известна у многих хвостатых амфибий. Она заключается в достижении личинкой половозрелости способности к размножению с отпадением взрослой стадии.

При факультативной неотении взрослая фаза сухопутного животного еще не вполне утеряна, и при известных условиях происходит метаморфоз. Однако в группе постоянножаберных амфибий, к которой относятся сирена, пещерный протей и др., способность к метаморфозу полностью утрачена. Происходит как бы закрепленный наследственно обрыв онтогенеза. Возникновение неотении определяется тем, что при меняющейся обстановке личинка оказалась в условиях, более благоприятных для жизни, чем взрослое животное в свойственной ему среде. Вследствие этого организм, предки которого во время последних фаз онтогенеза переходили в другую среду, начинает созревать преждевременно в той среде, в которой раньше развивалась только личинка. Результатом неотении является недоразвитие тех признаков организации, которые возникают на поздних стадиях онтогенеза — наиболее специальных.

Таким образом, при неотении происходит более или менее значительная деспециализация, что создает возможность для нового прогрессивного развития в любом направлении. Это обстоятельство легло в основу теории происхождения неотеническим путем больших групп животных и растений. Этот процесс получил обозначение педогенеза (педоморфоза).

В настоящее время многими исследователями допускается возникновение путем педогенеза таксонов различного ранга в различных типах беспозвоночных. Широкое признание полу-

чила концепция происхождения хордовых путем педогенеза от личинок иглокожих. Педогенезу принадлежит важная роль и в эволюции растений. Согласно А. Л. Тахтаджяну [1954, 1970], особенно велика роль педогенеза в эволюции покрытосеменных, среди которых не только многие виды и роды, но и более крупные таксоны возникали этим путем. В частности, допускается, что травянистые формы покрытосеменных возникли путем педогенеза от древесных. А. Л. Тахтаджян считает, что роль педогенеза в эволюции растительного царства была даже более значительной, чем в животном мире.

**Неравномерность эволюции.** Неравномерность эволюционного процесса, заключающаяся в ускорении и замедлении его темпов, не вызывает сомнений и проявляется как в последовательных стадиях развития одной филогенетической ветви, так и в темпах эволюции различных групп организмов. Наиболее наглядно результат неравномерности эволюции органического мира демонстрируется тем разнообразием уровня организации, которого достигли в современную эпоху отдельные типы животных и растений за длительный период их развития на протяжении фанерозоя.

Поскольку в проблеме неравномерности эволюции намечается два главных аспекта — неравномерность темпов развития одной группы и неравномерность темпов эволюции различных групп, целесообразно рассмотреть каждый из них в отдельности. Обратимся вначале к первому из этих аспектов — изменению темпов эволюции отдельных групп. Данные изучения различных групп организмов указывают на то, что в истории каждой группы имело место периодическое ускорение и замедление темпа эволюционного процесса, иными словами, наблюдалось чередование эпох ускоренного и замедленного развития. Первые нередко обозначаются как фазы или эпохи тахигенеза, а вторые — как эпохи брадигенеза.

Выше, при рассмотрении различных форм адаптиогенеза, было указано, что ароморфозы являются фазами последнего, характеризующимися значительным ускорением темпов эволюции по сравнению с более длительными периодами идиогенезов, в течение которых темпы развития обычно замедляются. Однако если в качестве критерия оценки темпов эволюции принять, как это обычно и делают, скорость таксономической дифференциации, т. е. число таксонов, появляющихся в единицу времени, то окажется, что периоды ускоренного развития не всегда совпадают с фазами ароморфоза и в некоторых случаях не связаны с общим повышением уровня организации эволюлирующей группы. Фазы ускоренного развития, проявляющиеся всплесками дифференциации высших таксонов, называют эксплозивными («фазы взрывной эволюции») периодами расцвета или анастрофами. О. Шиндевольф обозначал анастрофы как периоды типогенеза. Как отмечает В. А. Красилов [1977а], анастро-

фические фазы далеко не всегда совпадают с фазами наибольшего таксономического разнообразия соответствующего филума, поскольку последнее зависит от соотношения вновь появляющихся и вымирающих таксонов.

Фазы ускоренного развития (анастрофы) обычно сменяются периодами замедленной эволюции, характеризующимися относительной стабильностью эволюирующей ветви и обычно усиленным видообразованием, нередко достигающим в эти периоды максимума.

В периоды замедленной эволюции, отвечающие идиогеиным формам адаптиогенеза с преобладанием телегенеза (умеренной специализации), эволюирующая группа часто достигает максимума видового разнообразия, связанного с установлением динамического равновесия между возникновением и вымиранием видов. Эти периоды постепенного развития и замедления темпов эволюции обозначаются то как этапы процветания (В. Е. Руженцев), то как стадии эволюционного расцвета (А. Б. Ивановский). По терминологии О. Шиндевольфа они относятся к фазе типстаза.

Периоды замедленной эволюции филума, обычно более или менее длительные, прерываются либо новой арогенной фазой с сопутствующими ей общим подъемом морфо-физиологического уровня и адаптивной радиацией группы, либо фазой упадка, или кризиса, сопровождающейся явлениями усиленной специализации и вымиранием узко специализированных форм. Эти критические фазы обозначаются как фазы эволюционного упадка, эволюционного регресса, кризиса. О. Шиндевольф называл их фазой типоплиза. В одних случаях эти фазы завершаются полным вымиранием филума, в других — после преодоления кризиса эволюирующей группой может наступить новый период ее эволюционного процветания.

### 5.2.2. Распространение ископаемых остатков организмов в разрезе

Исходным материалом для биостратиграфического анализа являются данные о распределении в разрезе ископаемых остатков организмов. Последние обычно, за исключением биогермов и ракушняков, представляют собой включения в слое. Характер распространения таких включений в породе имеет первостепенную важность для расчленения и сопоставления разрезов. Так, например, темно-серые глины нижнего оксфорда в бассейне р. Оки, в районе г. Рязани, достигают по мощности 10 м. Они содержат большое число аммонитов, причем детальные сборы убеждают, что аммониты распространены по всему слою и практически могут быть обнаружены в любой его части от кровли до подошвы. При необходимости можно обнаружить раковины или отпечатки раковин в каждом сантиметре разреза.

Ясно, что в этом случае приводимые определения действительно относятся ко всему слою и что в таком слое имеется фактическое совпадение литологических и биостратиграфических границ.

С другой стороны, в знаменитом выходе келловей на правом берегу р. Оки у г. Елатмы более чем 10-метровый слой коричнево-серых глин нижнего келловей заключает два горизонта конкреций. В нижнем горизонте, по данным С. Н. Никитина и П. А. Герасимова, встречены *Macrocephalites*, а в верхнем — *Cadoceras elatmae* (Nik). Здесь мы вынуждены распространять находки, сделанные, в сущности, на отдельных уровнях, на значительную часть слоя и проводить границу между зонами *macrocephalus* и *elatmae* либо условно, либо опираясь на другие группы фауны.

Приведенный пример является наиболее часто встречающимся в геологической практике. Как правило, фактическое распространение ископаемых остатков в слое не совпадает с его границами, вследствие чего приводимая палеонтологическая характеристика слоя чаще всего относится к какой-либо его части, а совмещение литологических и палеонтологических границ является вынужденной мерой. На практике, однако, подобное совмещение обычно бывает оправданным и обеспечивает очень детальные работы. В то же время иногда такие экстраполяции оказываются результатом недостаточного числа наблюдений, а выводы, сделанные на их основании, опровергаются более тщательными сборами.

В этом отношении очень показательна история изучения верхневолжских слоев в лектостратотипе волжского яруса на правом берегу р. Волги у дер. Городище. Многолетние работы П. А. Герасимова, Н. П. Михайлова [1966] позволили сделать вывод, что здесь верхневолжские слои ложатся на средневолжские с размывом и с выпадением зоны *Kachpurites fulgens*. Однако уже через год после выхода цитируемой работы Н. П. Михайлов и Г. И. Блом при прослеживании границы средне- и верхневолжских отложений обнаружили неразмытую зону *fulgens* в основании слоя, ранее целиком относимого к зоне *subditus*.

Наконец, необходимо остановиться еще на одном примере распространения фауны в разрезах. В западной части Западной Сибири в области развития туронских глин кузнецовской свиты часто встречаются раннетуронские иноцерамы, но до сих пор найден только один поздне-туронский аммонит (*Baculites romanovskii* Arkh.). Эта находка позволила сделать вывод о том, что кузнецовская свита соответствует обоим подъярусам турона. Однако, учитывая резко некомпенсированный характер накопления кузнецовских глин, можно предполагать, что такой объем свиты имеет не на всей площади развития.

Мы рассмотрели различные примеры распространения фауны в вертикальном разрезе и влияние особенностей такого

распространения на точность получаемых выводов. Но, как и другие включения, органические остатки неравномерно распределены и по простиранию слоя. Любой геолог, проводивший сборы ископаемых, знает, что даже в пределах одного обнажения встречаются участки, обогащенные остатками фауны, и участки того же слоя, в пределах которого фаунистические остатки редки или даже отсутствуют. Наиболее показательны в этом отношении слои, в которых фауна приурочена почти исключительно к кокрециям и практически не встречается во вмещающей породе. Не останавливаясь в этом разделе на причинах неравномерного распределения фаунистических (и флористических) остатков по простиранию слоя, отметим лишь, что это обстоятельство требует в первую очередь очень внимательной работы на слое с обязательным просмотром по возможности всего выхода.

Известно много случаев, когда в слоях, долгое время считавшихся «немыми», обнаруживались при детальном исследовании богатые фаунистические ассоциации. Так, например, в середине 30-х годов исследования Н. А. Сирина и Г. В. Шмаковой [1937] на Приполярном Урале на р. Лопсии показали, что морская верхнеюрская толща подстилается здесь промышленно угленосными юрскими же отложениями. Начавшимися через 15 лет поисково-разведочными работами было установлено, что угленосные отложения имеют в бассейне р. Северной Сосьвы очень широкое распространение и сравнительно большую мощность и что они перекрыты слоями с фауной оксфорда. Еще через 10 лет В. А. Лидер и М. С. Месежников обнаружили в выходах угленосных слоев, описанных Н. А. Сириным, морскую фауну самых верхних горизонтов оксфорда, значительно более молодую, чем в слоях, перекрывающих угленосные отложения в разрезах, расположенных несколько восточнее. Кроме того, оказалось, что в отличие от пресноводных обстановок, в которых происходило формирование юрской угленосной толщи Приполярного Урала, угленосные слои на р. Лопсии имеют типично паралический генезис. Так, было установлено, что угленосная пачка р. Лопсии является прибрежной фацией верхов оксфорда и не имеет никакой связи с нижележащими мощными угленосными осадками, разведка которых началась, однако, именно благодаря обнаружению пластов угля на р. Лопсии.

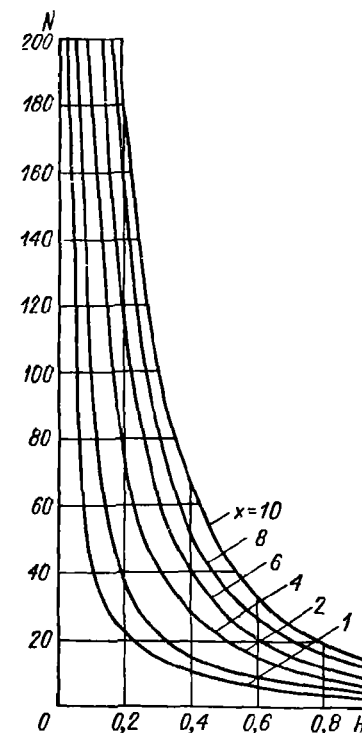
В качестве другого показательного примера можно привести историю изучения верхнеюрско-неокомской морской толщи, столь широко развитой на севере СССР. Со времени путешествия А. Кайзерлинга (1842 г.) на протяжении целого века преобладало мнение, что для этой толщи нехарактерны аммониты, широко распространенные только в келловее и валажинине. Поэтому биостратиграфия рассматриваемых отложений базировалась главным образом на бухиях, была малодетальной, а главное, выделенные подразделения лишь приблизительно сопостав-

Рис. 5.39. Номограмма определения числа образцов  $N$ , необходимого для обнаружения вида  $x$  (по Б. В. Пояркову [1969]).

лялись со стандартом. Исследования последних 20 лет выявили по всей толще богатейшие комплексы аммонитов, позволившие разработать очень детальные зональные схемы.

Все приведенные примеры относились к макроскопическим палеонтологическим объектам, представительность сборов которых устанавливается непосредственно на разрезе. Совершенно иные проблемы возникают при изучении микроскопических объектов, которые, как правило, не могут диагностироваться в поле. Между тем такие важные ископаемые, как фораминиферы, остракоды и т. п., тоже неравномерно распределяются в слое и для получения достаточно однородного, т. е. уверенно сравнимого, материала необходимо определение оптимального количества образцов, которые могут предоставить в распоряжение исследователя такой материал.

Б. В. Поярков [1969] предложил метод расчета такого числа образцов для монофацциального слоя. На основе формулы вероятности нахождения какого-либо вида или комплекса видов  $P = Fa/S$  (где  $P$  — вероятность нахождения вида;  $S$  — площадь слоя;  $a$  — площадь, занимаемая одним видом;  $F$  — число экземпляров) и более доступной для практических вычислений формулы частоты встречаемости вида или комплекса видов  $H = m/N$  (где  $H$  — частота встречаемости вида;  $m$  — число образцов, в которых встречен этот вид;  $N$  — число изученных образцов) можно связать величины  $P$  и  $H$  определенной зависимостью: с достоверностью 0,95 можно утверждать, что  $P$  окажется заключенной внутри интервала  $H \pm 1,96 \sigma$  (где  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение, зависящее от  $H$  и  $N$ ). Теперь оказывается возможной формулировка задачи [Поярков Б. В., 1969, с. 210]: «если известна вероятность нахождения вида  $A$  в каком-либо стратиграфическом подразделении, то сколько надо изучить из этого подразделения образцов, чтобы с достоверностью 95% встретить вид  $A$  не менее чем в  $x$  образцах». Поскольку эта задача в



в математической статистике решается с помощью закона биномиального распределения, Б. В. Поярков предлагает номограммы для вычисления необходимого количества образцов (рис. 5.39).

### 5.2.3. Значение отдельных групп ископаемых организмов для стратиграфии

В предыдущем разделе рассматривались особенности распределения ископаемых организмов в слое независимо от их значения для стратиграфических выводов. Однако почти с самого зарождения биостратиграфического метода неравномерность распределения отдельных групп организмов во времени и в пространстве, различные темпы их эволюции, степень приуроченности к фациям, частота встречаемости привели к тому, что при расчленении и корреляции отложений разных систем одним группам фауны давалось предпочтение перед другим. Эти группы, на которых основана широкая корреляция систем, О. Шиндевольф предложил называть архистратиграфическими (или ортофаунами) в противовес остальным, парастратиграфическим, группам. Идея ортофауны заключается в том, что горизонты, установленные в результате их изучения, характеризуются, разумеется, в пределах точности метода, изохронными поверхностями и позволяют проводить самые детальные сопоставления со стандартными разрезами данной системы.

Однако установление хроностратиграфических подразделений составляет лишь одну из задач стратиграфии. Эта задача решается при составлении мелкомасштабных и обзорных геологических и палеогеографических карт, при разного рода обобщениях, при выяснении взаимоотношений местных стратиграфических единиц. Напротив, составление крупномасштабных карт, корреляция близко расположенных разрезов, составление стратиграфических схем отдельных регионов часто основываются на парастратиграфических группах благодаря их, как правило, более широкому распространению. Более того, наиболее детальные сопоставления, основанные на биостратиграфических признаках слоев, столь необходимые при разведке и определении схемы рациональной разработки месторождений полезных ископаемых, как правило, оказываются возможными только с использованием парастратиграфических групп.

Таким образом, стратиграфическая ценность отдельных групп зависит не только от их важности для расчленения и широкого сопоставления осадочных образований какой-либо системы, но также и от конкретных условий и задач, стоящих перед исследователем. Так, гониатиты представляют группу, исключительно важную для самых широких и детальных сопоставлений удаленных разрезов среднего и верхнего палеозоя. В то же время редкость их находок и приуроченность главным образом к определенному типу отложений сильно органичивают, а зачастую и

вовсе исключают возможность их использования при геологосъемочных работах. В то же время брахиоподы, дающие менее определенные указания на возраст слоев и образующие в разных регионах существенно различные по составу ассоциации, благодаря частой встречаемости в отложениях того же возраста в повседневной работе при геологическом картировании могут иметь большее значение, чем гониатиты. Мезозойские аммониты являются самым совершенным инструментом биостратиграфии, но при поисковых и разведочных работах на закрытых территориях из-за редкости находок и плохой сохранности их в керновом материале неизмеримо большее значение имеют микрофоссилии, в первую очередь фораминиферы, а аммониты используются главным образом для увязки комплексов фораминифер.

Наконец, нередко случаи, когда в пределах обширных бассейнов архистратиграфические группы каких-либо систем практически полностью отсутствуют. Достаточно вспомнить верхнемеловые отложения Русской платформы, в которых чрезвычайно редки аммониты, или палеогеновые отложения высоких широт, где почти полностью отсутствуют планктонные фораминиферы. Поэтому деление ископаемой фауны на архистратиграфические и парастратиграфические группы имеет скорее методическое значение, так как позволяет определять место отдельных групп фауны в общем комплексе биостратиграфических исследований, но не определяет их ценности для стратиграфии.

Вместе с тем бесспорно, что по целому ряду обстоятельств значение отдельных групп фауны для стратиграфии неравноценно. К. Тейхерт [Teichert, 1958] предложил различать группы, важные для планетарных хроностратиграфических корреляций, группы, применяющиеся для региональных корреляций, и группы, иногда используемые для местных корреляций (рис. 5.40).

Рассматривая рисунок К. Тейхерта, нетрудно убедиться, что даже за 20 лет представления о ценности отдельных групп не остались неизменными. Так, планктонные фораминиферы получили наиболее важное значение для всего кайнозоя и, напротив, важность для межрегиональных сопоставлений кайнозойских толщ таких групп, как двустворки и гастроподы, заметно поубавилась. На графике К. Тейхерта еще не могли быть учтены такие важнейшие группы, как нанопланктон (мел — кайнозой), радиолярии (верхний мел — кайнозой), тинтиниды (верхняя юра — нижний мел), конодонты (кембрий — триас), хиолиты (венд — кембрий) и др. Рассмотрим, однако, признаки, по которым выделяются архи- и парастратиграфические группы.

К архистратиграфическим группам, как мы увидим далее, предъявляются, в сущности, те же требования, что и к руководящим формам: они должны характеризоваться быстрой

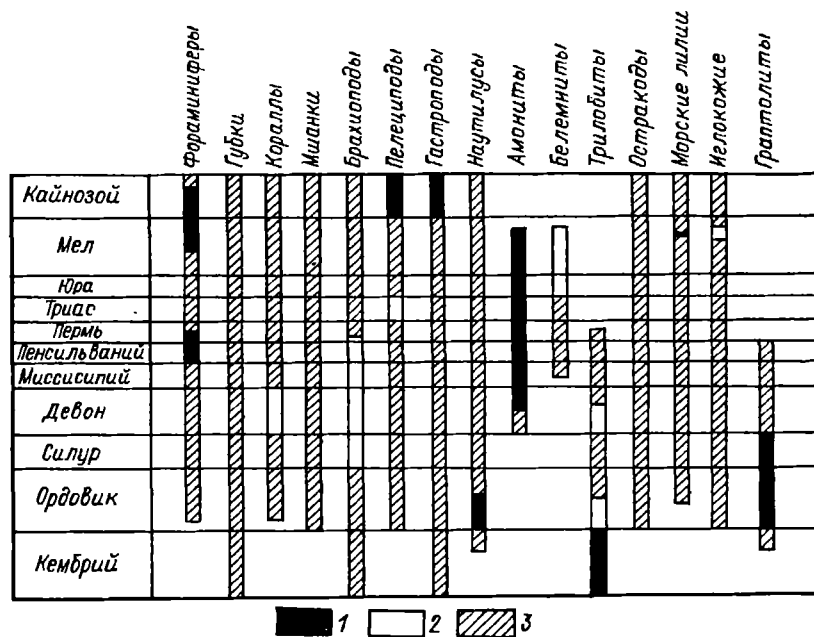


Рис. 5.40. Относительное хроностратиграфическое значение основных групп морских беспозвоночных в течение геологического времени (по К. Тейхерту [Teichert, 1958]).

Группы: 1 — важные для планетарных хроностратиграфических корреляций; 2 — применяющиеся для региональных корреляций; 3 — иногда используемые для местных корреляций.

эволюцией, широким распространением и относительной независимостью от фаций.

Проследить эволюционные изменения, естественно, легче удается у сравнительно высокоорганизованных организмов, обладающих разнообразными морфологическими признаками. Неудивительно поэтому, что классическими архистратиграфическими группами стали аммоноидеи, граптолиты, трилобиты. Однако развитие систематики, в значительной степени обусловленное применением новых методов исследования, позволяет устанавливать быструю смену во времени таксонов, традиционно относимых к консервативным, и применять для детальных широких сопоставлений все новые группы фауны. Так, в своей блестящей статье, посвященной рассмотрению «руководящих» и «фациальных» ископаемых, Б. Циглер [Ziegler, 1963] отнес радиолярий к группе, не имеющей особо важного значения для стратиграфии. Однако уже через 7 лет [Riedel, Sanfilippo, 1970] были выделены радиоляриевые зоны в донных осадках Атлантического океана\*, и в настоящее время эта группа является

\* На возможность использования радиолярий для зонального расчленения палеогена впервые указала Р. Х. Липман [1956].

одной из основных при корреляциях верхнемеловых и в первую очередь кайнозойских отложений, особенно высоких широт. Зональное расчленение верхнеюрских и нижнемеловых отложений Средиземноморской области проводится теперь наряду с аммонитами по кальпиемеллам, изучение которых началось, в сущности, в послевоенное время.

Конодонты — группа ископаемых, установленная Х. И. Пандером еще в 1845 г., в течение целого столетия не привлекала внимания стратиграфов. Но за последнюю четверть века она превратилась в одну из архистратиграфических групп для большого интервала разреза от ордовика до триаса включительно. В настоящее время конодонтовые зоны по своему значению для среднего и верхнего палеозоя почти не уступают зонам, выделяемым по таким общепризнанным архистратиграфическим группам, как аммоноидеи и фораминиферы.

Не имеется и повсеместно распространенных фаун. Любой морской организм, бентальный, нектонный или планктонный, занимает определенную экологическую нишу, его местообитание и распространение (миграция) ограничены глубиной, характером грунта и аэрации, соленостью и температурой воды, течениями, барьерами суши и т. п. Как и современные, древние организмы характеризуются сплошными или разорванными ареалами. Однако эти ареалы всегда ограничены давлением абиотических и биотических (пища, конкуренты, враги) факторов среды.

Масштабы проявления различных факторов неодинаковы. Так, например, в пределах одного морского бассейна или ряда свободно сообщающихся бассейнов на определенных глубинах устанавливается постоянный температурный и солевой режим, что, естественно, создает условия для распространения организмов, могущих существовать в этом диапазоне температур и солености воды. Но свободно плавающие организмы образуют здесь сплошной ареал, а бентальные животные, естественно, расселяются на подходящих грунтах и, таким образом, будут характеризоваться разорванным ареалом. В то же время наличие барьера суши или непреодолимого для обитателей этого бассейна гидрологического барьера (например, температурного) приведет к невозможности проникновения рассматриваемой фауны в другие бассейны; характеризующиеся аналогичными условиями среды.

Так, например, планктонные организмы — радиолярии — в позднем мелу и палеогене образуют единый субтропический пояс как в Атлантическом, так и в Тихом океане. В то же время бореальные моря, по-видимому, вследствие температурного барьера характеризуются иными ассоциациями радиолярий (рис. 5.41). Более ограниченно по сравнению с планктоном распространение нектонных беспозвоночных, в частности аммонитов (рис. 5.42), большинство из которых обитает лишь в одной

палеозоогеографической области (например, *Dorsoplanites*) или даже провинции (*Virgatites*, *Tatmyrosphinctes*). Однако существует достаточно большое число аммонитов, обитавших в смежных палеозоогеографических областях (*Aulacostephanus*), а некоторые роды оказались обнаруженными по обе стороны Тихого океана (*Zemistephanus*, группа *Idoceras balderum* и др., рис. 5.43).

Как уже отмечалось, распространение бентальных организмов контролируется более четко глубиной и характером грунта.

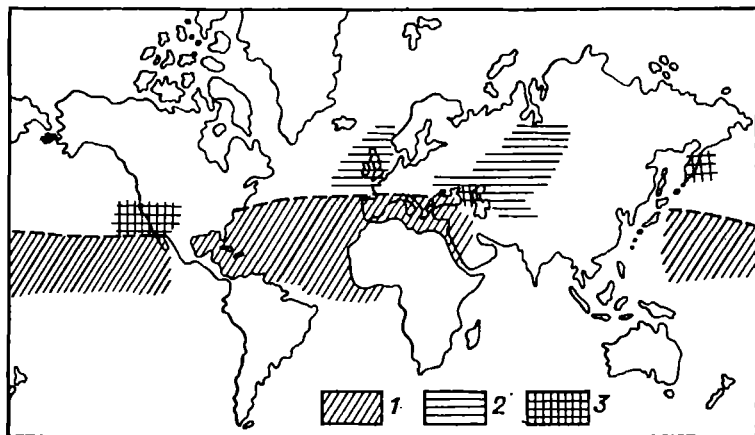


Рис. 5.41. Распространение радиолярий в позднем мелу (по Г. Э. Козловой).

Ассоциации: 1 — субтропические; 2 — бореальные; 3 — калифорнийские (промежуточные).

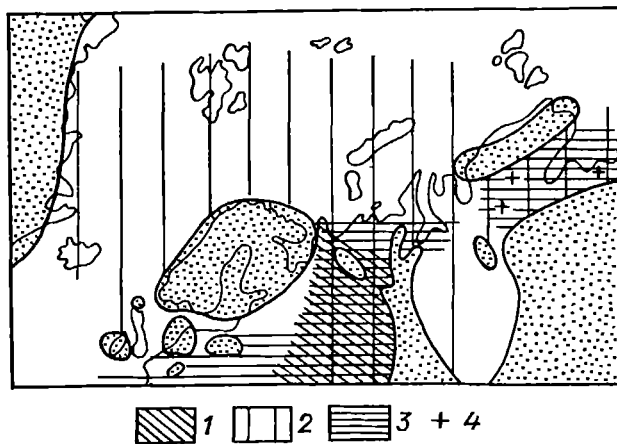


Рис. 5.42. Распространение некоторых позднемеловых аммонитов (по М. С. Месяжникову).

1 — *Virgatites*; 2 — *Dorsoplanites*; 3 — *Aulacostephanus*; 4 — *Tatmyrosphinctes*. Крапом показана суша.

Так, например, ареал *Cardium edule* Linn. в Азовском море ограничен интервалом глубин 5—10 м и соленостью 17‰ (рис. 5.44). Естественно, тесная связь бентонных организмов с фациями приводит и к тому, что они (в пределах диапазона своего существования во времени) могут неоднократно появляться в разрезе в моменты существования благоприятных биотопов и исчезать из разреза, когда условия существования оказываются неблагоприятными (рис. 5.45, 5.46).

Однако нельзя думать, что с фациями связан только бентос. Свободноплавающие и планктонные организмы также

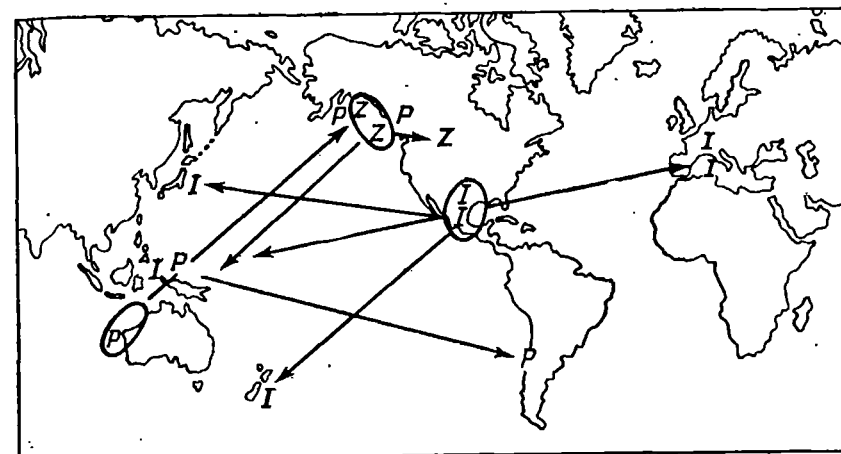


Рис. 5.43. Распространение некоторых аммонитов вдоль побережий Тихого океана (по В. Аркеллу [Arkell, 1957]).

1 — группа *Idoceras balderum*; 2 — *Zemistephanus*; 3 — *Pseudotoites*.

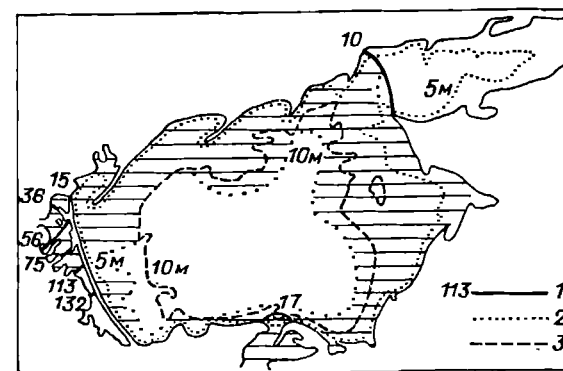


Рис. 5.44. Распространение *Cardium edule* Linn. в Азовском море (заштриховано) (по Б. Циглеру [Ziegler, 1963]).

1 — соленость, ‰; 2 — изобата 5 м; 3 — нижняя граница обитания *C. edule*, ограниченная примерно изобатой 10 м.

Зона	Юра	Вюртемберг
<i>bitammatum</i>		
<i>transversarium</i>		
<i>cordatum</i>		
<i>mariae</i>		

Система	
Мел	Верхний: Маастрихт, Вестфалия, Рурская область, Нейбург, Нижняя Саксония
Юра	Верхний: Маар, Вюртемберг, Франкония, Богемия
	Средний: Вернер, Кракау
	Нижний: Юж. Тессин
Триас	Верхний: Баварские Альпы
	Средний: Южный Тироль
	Нижний:

Рис. 5.45. Распространение в разрезе верхней юры брахиоподы *Aulacothyrus kupressa* (В г о п п) (по Б. Циглеру [Ziegler, 1972]).

Рис. 5.46. Распространение в разрезах мезозоя Западной Европы известковых губок (по Б. Циглеру [Ziegler, 1972]).

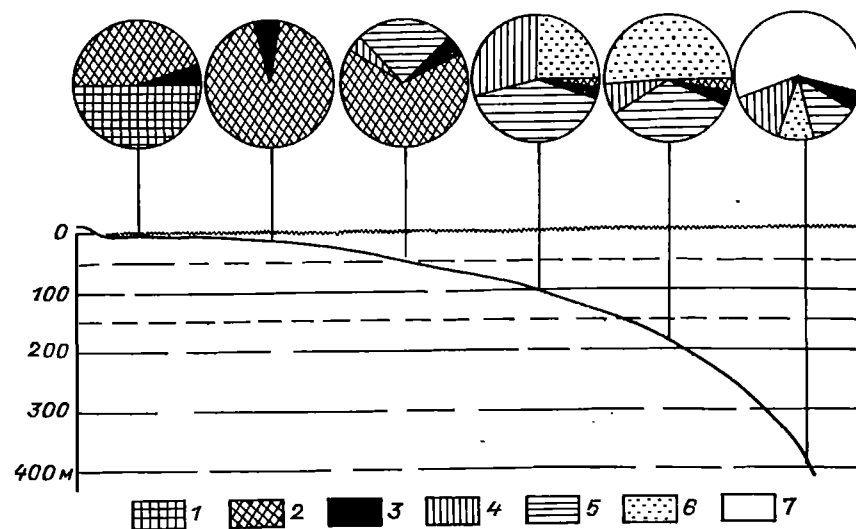


Рис. 5.47. Изменение состава фауны с глубиной в позднеюрских морях Средней Европы (по Б. Циглеру [Ziegler, 1967]).

1 — Coelenterata; 2 — Bivalvia, Gastropoda; 3 — Brachiopoda; 4 — Aspidoceratidae; 5 — Perisphinctaceae; 6 — Cardioceratidae; 7 — Phylloceratidae, Lytoceratidae.

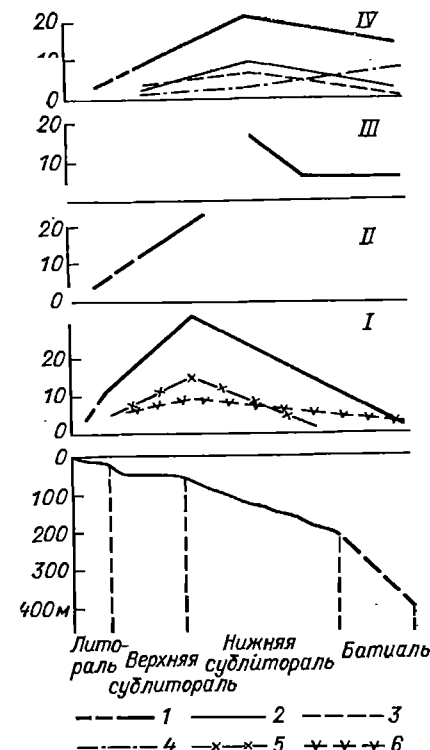
обитают в определенных интервалах глубин и, следовательно, предпочтительно захороняются в отложениях, соответствующих этим глубинам. Разумеется, посмертный разнос раковин в ка-

Рис. 5.48. Изменение числа видов аммонитов в зависимости от глубины в позднеюрских и неокомских морях Арктического бассейна (по М. С. Месежникову, Н. И. Шульгиной [1975]).  
I — ранний кimmerидж; II — средневолжское время; III — поздневолжское время; IV — берриас.  
1 — общее число видов; 2 — *Pseudoceraspides*; 3 — *Surites*; 4 — *Tollia*, *Prætolia*; 5 — *Rasenia*; 6 — *Amoebites*.

кой-то степени нивелирует фациальные различия ассоциаций nekтона и в меньшей степени планктона и, в частности, облегчает широкие корреляции отложений, заключающих остатки пелагических фаун, но полностью игнорировать связь этих фаун с определенными фациями нельзя. Так, Дж. Скотт [Scott, 1940], Б. Циглер [Ziegler, 1967], М. С. Месежников, Н. И. Шульгина [1975] показали определенную фациальную приуроченность комплексов аммонитов (рис. 5.47, 5.48), а В. Н. Сакс и Т. И. Нальняева [1966] — белемнитов.

В ряде случаев изменения состава ассоциаций в зависимости от глубины бассейна маскируются условиями захоронения организмов и диагенетическими преобразованиями осадка. Так, например, обеднение систематического состава диатомовых водорослей и радиолярий в эоценовых отложениях Западной Сибири, наблюдающееся при переходе от диатомитов, развитых вдоль восточного склона Урала, к опокам, сформировавшимся в центральной части бассейна [Козлова Г. Э., Стрельникова Н. И., 1973], в равной степени может быть объяснено и действительным обеднением комплексов в менее прогреваемых водах, и растворением панцирей при диагенезе. Наиболее вероятно, однако, влияние обоих этих факторов.

Все приведенные соображения свидетельствуют о том, что для широких хроностратиграфических корреляций наиболее благоприятны пелагические организмы. Не случайно поэтому, что наиболее удовлетворительные зональные схемы разработаны благодаря изучению граптолитов, аммонитов и в последнее время планктонных фораминифер и радиолярий, а хроностратиграфия ордовика, силура и мезозоя является на сегодня



наиболее детальной и обоснованной, наиболее применимой на больших пространствах. Ограниченное распространение гониатитов в среднем и верхнем палеозое существенно затрудняет синхронизацию соответствующих толщ и сопоставление со стандартными разрезами. Стратиграфия палеогена и неогена, разработанная преимущественно на основе изучения двустворок и гастропод, вообще нуждается в пересмотре, и в настоящее время предпринимаются многочисленные, в значительной мере успешные, попытки создания хроностратиграфического стандарта палеогена и неогена, основывающегося на последовательной смене планктонных организмов.

Таким образом, архистратиграфические фауны — это в первую очередь фауны пелагические. Однако в качестве архистратиграфических групп используются и бентальные организмы; достаточно вспомнить трилобитов, на которых основано расчленение кембрийской системы, и крупных фораминифер, имеющих важное значение для сопоставлений верхнепалеозойских и палеогеновых отложений. Большое значение для расчленения и корреляции верхнеюрских и нижнемеловых слоев Бореальной области имеют двустворки *Buchia* («*Aucella*»), которые приурочены к самым разнообразным фациям и в последние годы используются для разработки зональных схем [Захаров В. А., 1977; Jeletzky, 1966]. Однако в целом использование бентоса для хроностратиграфии сопряжено со значительными трудностями, обусловленными ограниченными миграционными способностями этих организмов. В результате достаточно детальные корреляции по бентосу, проведенные в пределах какого-либо региона, оказываются трудно сопоставимыми со схемой другого региона, основанной на других родовых, а часто и бо-

лее высоких таксонах этой же группы. В качестве примера можно привести различия кембрийских трилобитовых фаун Восточной Сибири и Северной Америки.

Необходимо отметить, что неадекватность темпов эволюции различных групп фауны выдвигает необходимость ограничиться для каждой системы одной архистратиграфической группой. Это требование является необходимым для создания непротиворечивой хроностратиграфической шкалы, хотя, как мы увидим далее, и она не обеспечивает однозначную трактовку границ всеми исследователями. Действительно, совпадение во времени рубежей смены комплексов различных групп фауны, как правило, либо приурочено к перерывам (зачастую скрытым) или резким сменам обстановок осадконакопления, либо является результатом чересчур смелых экстраполяций биостратиграфов (рис. 5.49). Как бы то ни было, более полные разрезы или повторные сборы фауны обычно опровергают такое, в принципе, бесспорно, удобное для практической стратиграфии совпадение.

Подобное ограничение очень повышает удельный вес даже единичных находок представителей ортофаун. Так, например, обнаружение в керне скважины *Cardioceras cordatum* (Sow). сразу позволяет утверждать присутствие в разрезе верхов нижнего оксфорда, хотя этих данных при отсутствии аммонитов в подстилающих и перекрывающих слоях окажется недостаточно для установления границ одноименной зоны. Тем не менее уже этот единичный репер будет иметь громадное значение для предварительной возрастной оценки значительной части вскрытого разреза.

Однако цели стратиграфии не ограничиваются установлением изохронных поверхностей планетарного распространения. При проведении геологосъемочных и особенно поисково-разведочных работ не меньшее значение имеют более узкие и часто более дробные корреляции разрезов.

Для решения подобных задач часто большое значение имеют не ортофауны, а парастратиграфические группы. Основным требованием к фауне при узкорегиональных работах является ее массовое распространение в разрезах и по площади. При значительных возрастных интервалах, в которых происходит накопление осадков, составляющих в практической работе по крайней мере первые десятки миллионов лет, удается установить определенные изменения даже у групп, характеризующихся невысокими темпами эволюции. Кроме того, при массовом материале становится возможным выделить горизонты с определенным, неповторимым выше и ниже по разрезу сочетанием видов, каждый из которых в отдельности имеет более широкую биоэзону. На этих принципах основано широкое использование таких групп, как кораллы, мшанки, брахиоподы, двустворки, особенно в закрытых районах, микрофоссилии —

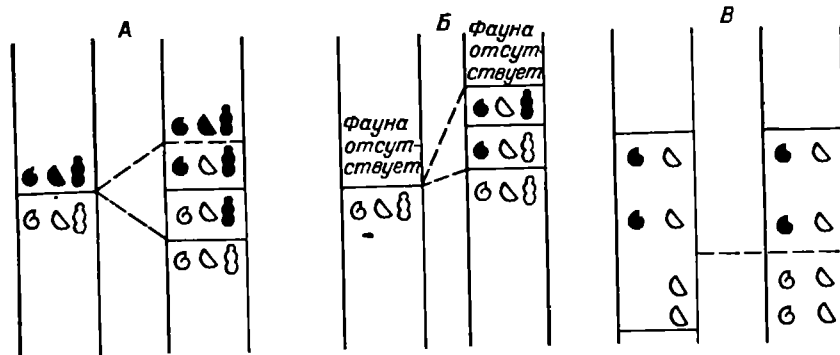


Рис. 5.49. Варианты кажущейся одновременности в смене ассоциаций аммонитов, двустворок и фораминифер.

А — при наличии скрытого перерыва; Б — при резкой смене обстановок осадконакопления; В — при недостаточно полных сборах фауны. Слева — разрезы, в которых «установлена» одновременность смены фаун, справа — более полные разрезы, позволяющие установить допущенную ошибку.

фораминиферы, радиолярии, остракоды, диатомеи, нанопланктон.

Разумеется, при использовании парастратиграфических фаун биостратиграф сталкивается с теми же явлениями различия темпов эволюции отдельных групп. Например, при разработке дробной стратиграфии известняковой толщи верхнего карбона и нижней перми Ишимбайского нефтеносного района была впервые создана схема зонального расчленения по фузулинидам. В дальнейшем при изучении других групп фауны (кораллы, мшанки, брахиоподы) делались попытки выявить их комплексы, соответствующие ранее выделенным фузулинидовым зонам. При этом оказалось, что кораллы, мшанки и брахиоподы почти не имеют «руководящих форм» для отдельных фузулинидовых зон. В связи с этим возникло представление о малой ценности этих групп для стратиграфии. Однако когда было изучено распределение по разрезу представителей каждой из этих групп в отдельности, без «подгонки» в рамки фузулинидовой схемы, оказалось, что все они с успехом могут быть использованы для зонального расчленения верхнепалеозойской толщи Ишимбайского района, но объем и границы зон по отдельным группам не совпадают [Степанов Д. Л., 1958, с. 85].

Следующие затруднения, которые, естественно, возникают при невозможности непосредственной увязки со стандартными разрезами, — это вопросы датировки парастратиграфических видов. Очень часто тому или иному виду приписывается определенный возраст лишь на том основании, что он впервые описан из слоев сравнительно узкого стратиграфического диапазона. В дальнейшем при находке этого вида в другом районе стратиграфы зачастую пытаются датировать его тем же возрастом, не анализируя биозону данного вида. Так, например, возникло мнение о «пермском» возрасте фауны гжельского горизонта. Однако «это объясняется исключительно тем обстоятельством, что пермская фауна... известна гораздо больше и описана подробнее. Поэтому виды, возникшие в верхнем карбоне, но описанные впервые из пермских отложений, считаются пермскими, хотя правильнее их считать верхнекаменноугольными» [Иванова Е. А., 1947, с. 44].

Наконец, это же обстоятельство — местонахождение голо-типа — часто приводит и к неверным палеобيوграфическим выводам. Действительно, очень часто тот или иной таксон считается западноевропейским, среднерусским или китайским лишь на том основании, что он описан впервые на английском, волжском или китайском материале. Между тем единственным критерием установления центра возникновения какого-либо рода или вида является его более раннее появление в каком-либо районе по сравнению со всеми остальными районами. Так, например, аммониты рода *Subdichomoceras* Spath появляются в разрезах Кача и Франции на рубеже раннего и позднего ки-

мериджа, в бассейнах рек Волги и Урала — в середине позднего кимериджа, а на Приполярном Урале и на севере Сибири — только в середине ранневолжского времени. Естественно, что вывод о южном — тетическом — происхождении этого рода вполне закономерен. К сожалению, такие примеры многочисленны. Так, аммониты рода *Craspedites* Spath издавна считались одними из наиболее характерных среднерусских форм.

Однако открытие богатейших краспедитовых фаун на севере Сибири [Шульгина Н. И., 1969], в составе которых оказалось много среднерусских видов, по сути дела, не дает в настоящее время оснований для суждения о месте возникновения этих организмов. Иногда все же о центре возникновения какого-либо таксона можно судить по форме его ареала. Например, аммониты рода *Kachpurites* Spath были установлены на среднерусском материале. Несмотря на позднейшие находки кашпуритов на Новой Земле и Приполярном Урале, более вероятно все же возникновение этого рода в среднерусском море, а не вблизи границ его ареала.

Таким образом, при комплексном использовании палеонтологических данных по разным группам организмов следует изучить развитие каждой из них в разрезе данного региона. При этом не следует пытаться уложить естественные этапы развития каждой группы в рамки стратиграфической схемы, составленной по одной, пусть даже архистратиграфической, группе.

#### 5.2.4. Биостратиграфическое расчленение разрезов

Основные стратиграфические операции — расчленение разрезов, их корреляция (т. е. сопоставление частных разрезов в пределах одного района) и датировка (т. е. сопоставление удаленных разрезов, в том числе и расположенных в разных регионах, путем сравнения со стандартным разрезом или стандартной последовательностью хроостратиграфических подразделений) — очень тесно связаны между собой. Действительно, занимаясь расчленением какого-либо частного разреза, геолог всегда старается выделить такие единицы, которые можно проследить и в других разрезах; иначе говоря, при расчленении разреза уже возникают проблемы корреляции. Точно так же очень часто при сопоставлении даже близко расположенных разрезов, решая проблемы изменения мощностей, фациальных замещений и перерывов, геолог исходит из возраста прослеживаемых стратонов. В то же время можно отметить случаи, когда расчленение разреза является конечной целью исследования. Так, изучение первого разреза в новом районе или неповторимого разреза (вроде знаменитой Максимоярской опорной скважины в Западной Сибири [Стратиграфия..., 1957]), в сущности, сводится только к их расчленению.

✓Расчленение частных разрезов методами биостратиграфии производится путем анализа распространения в этих разрезах отдельных таксонов ископаемой фауны и флоры и их комплексов. Естественно, сразу возникает вопрос, какие собственно таксоны должны учитываться при биостратиграфическом анализе. Нетрудно убедиться, что зона таксонов в биостратиграфии целиком определяется задачами исследования. Так, если в каком-либо неизученном разрезе известняки с археоциатами перекрыты угленосными песками с отпечатками покрытосеменных растений, геолог сразу может сказать, что здесь на нижнепалеозойские отложения с огромным перерывом ложится толща не ниже верхов нижнего мела. Находки цератитов сразу определяют триасовую систему, двустворки рода *Buchia* позволяют утверждать, что вмещающие их слои принадлежат верхней юре или неокому и т. д.

Часто самые общие определения оказываются полезными при самых детальных построениях. Так, появление прослой брахиоподового ракушняка в толще криноидных известняков обязательно будет отмечено каждым геологом, так как независимо от систематического состава брахиопод этот прослой можно будет попытаться проследить на определенной площади в качестве маркирующего горизонта. В целом приведенные примеры показывают, что чем более узкий стратиграфический интервал вводится в рассмотрение, тем меньший таксон привлекается для его обоснования, хотя и не существует прямого соответствия уровней таксонов и ранга стратонтов.

Например, аммонитовые зоны определяются видами, реже под родами [так *Quenstedtoceras* (*Pavloviceras*) распространен только в нижней части зоны *magiae* в основании оксфорда, а подрод *Goliathiceras* s. s. — в зоне *cordatum* нижнего оксфорда] и родами (например, род *Virgatites* в средневожской зоне *virgatus*, род *Pectinatites* в зоне *pectinatus* и т. п.) и, как исключение, подсемействами (*Acanthopleuroceratinae* в зоне *jamesoni* нижнего плинсбаха). Эти же таксоны а также семейства могут привлекаться для установления подъярусов и (за исключением видов) ярусов. Современным геологам, как правило, приходится иметь дело с очень детальным расчленением и сопоставлением разрезов. Как правило, такие задачи решаются с использованием видовых таксонов.

Рассмотрим различные варианты распространения ряда видов в разрезе и их влияние на биостратиграфическое расчленение. Наиболее простой моделью является последовательность слоев, каждый из которых охарактеризован своим видовым таксоном (рис. 5.50, I). В этом случае по видам *a*, *b*, *c* в разрезе выделяются биостратиграфические подразделения *A*, *B*, *C*, границы которых совпадают с границами слоев или пачек. Как мы увидим далее, анализ самих таксонов в ряде случаев может дать важную информацию о характере этих границ (наличие

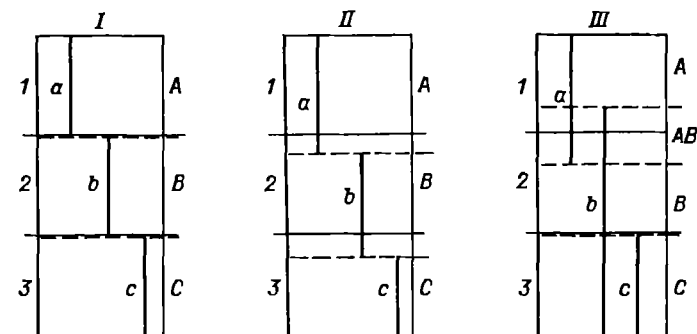


Рис. 5.50. Простейшие случаи распределения видов *a*, *b* и *c* в разрезах. I — стратиграфические диапазоны видов совпадают с границами слоев; II — стратиграфические диапазоны видов не совпадают с границами слоев; III — стратиграфические диапазоны видов перекрываются. 1—3 — номера слоев, *A*, *B*, *C* — индексы биостратиграфических подразделений.

или отсутствие перерывов) и о полноте разреза в целом. Диапазоны распространения таксонов в разрезе могут и не совпадать с литологическими разделами, и в этом случае в разрезе будут выделяться отличающиеся по объему литологические и биостратиграфические единицы (рис. 5.50, II). Чаше, однако, интервалы распространения отдельных видов в разрезе частично совпадают. В этих случаях биостратиграфические единицы выделяются не по одному виду, а по определенному сочетанию разных видов. Это в принципе позволяет проводить более дробное расчленение. На рис. 5.50, III видно, что частичное перекрытие стратиграфических диапазонов все тех же трех видов позволяет выделить в разрезе не три, а четыре биостратона: *C*, в котором встречаются виды *c* и *b*; *B*, где встречен только вид *b*; *AB* с видами *a* и *b* и *A*, охарактеризованный только видом *a*.

Как правило, стратиграфически важные группы представлены в разрезах большим числом видов, по сочетаниям которых возможно очень детальное деление разреза. Однако, разумеется, все эти детальные биостратиграфические подразделения должны основываться на точно установленных интервалах распространения встреченных видов. Между тем определение этих интервалов является очень непростой задачей, особенно в тех случаях, когда анализируются сравнительно крупные палеонтологические объекты. Сошлемся на поучительный пример, связанный с изучением рязанского горизонта нижнего мела.

В 1976 г. в разрезе у дер. Чевкино на р. Оке было установлено [Результаты..., 1977], что в нижнем слое песков рязанского горизонта, который имеет здесь мощность 0,3 м, возможно выделение двух уровней: в нижнем (0,2 м) были встречены только *Riasanites* и *Euthymiceras*, а в верхнем (0,1 м)

наряду с этими аммонитами появляются *Surites*. Несмотря на незначительные мощности, этот вывод хорошо согласовывался с данными по более низким слоям рязанского горизонта и имел принципиальное значение, так как подтверждал традиционное представление о появлении *Riasanites* раньше, чем *Surites*. В следующем году в расчистке, заданной примерно в 5 м от расчистки 1976 г., оказалось, что мощность нижних песков составляет здесь всего 0,18 м и *Surites* появляются сразу в их основании. Учитывая исключительную изменчивость слоев рязанского горизонта, можно предположить, что в расчистке 1977 г. была вскрыта только верхняя часть песков, мощность которой несколько возрастает. Но с равным основанием можно утверждать, что *Surites* просто не были найдены в 1976 г. и обе расчистки вскрыли аналогичные по полноте разрезы.

Как видно из этого примера, истинный стратиграфический диапазон *Surites* в разрезе у дер. Чевкино просто не может быть установлен. Не следует думать, что такие проблемы возникают только при работе с конденсированными слоями. Так, в мощных разрезах бореального кимериджа широко распространен вид *Amoeboceras (Amoebites) kitchini* (Salf.). Этот вид считался одним из наиболее характерных ископаемых нижнего кимериджа и в целом ряде разрезов, в том числе в Северо-Восточной Гренландии и на Восточном Таймыре, по его появлению и исчезновению устанавливались нижняя и верхняя границы этого подъяруса. В начале 60-х годов *A. kitchini* был обнаружен в Англии и в бассейне р. Хатанги (Южный Таймыр) в нижней части верхнего кимериджа (зона *mutabilis*), а в последнее время в Восточной Гренландии он установлен в еще более высокой зоне *eudoxus*.

Многочисленные примеры убеждают, что установление истинного стратиграфического диапазона вида в частном разрезе часто вызывает очень большие трудности, а иногда, как мы видели, практически невозможно. Поэтому при расчленении

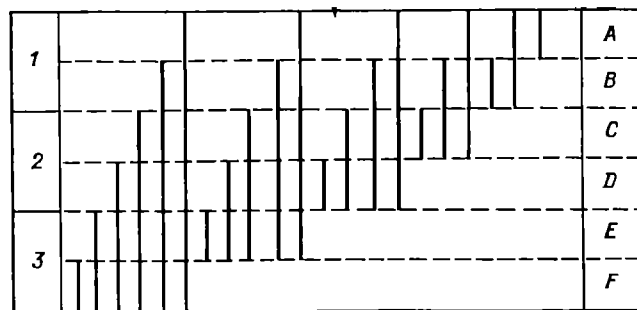


Рис. 5.51. Расчленение разреза по комплексу ископаемых форм. Каждое подразделение охарактеризовано как узко, так и широко распространенными видами. 1—3 — номера слоев; А—F — индексы биостратиграфических подразделений.

частного разреза, т. е. при установлении границ биостратиграфических подразделений, предпочтительнее выбирать уровни, контролируемые появлением или исчезновением не одного, а нескольких таксонов (рис. 5.51).

В геологической литературе часто обсуждался вопрос, чему следует отдавать предпочтение при установлении биостратиграфической границы: появлению или исчезновению таксонов. По-видимому, такая постановка вопроса неправомерна. Исчезновение каких-либо таксонов в конкретных разрезах может

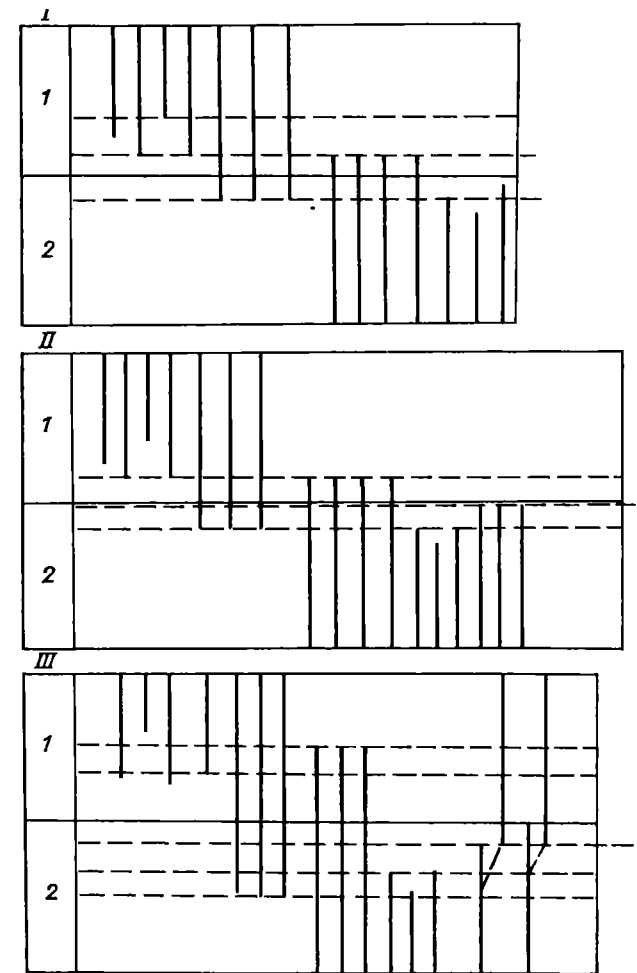


Рис. 5.52. Различные варианты проведения границ биостратиграфических подразделений по комплексам ископаемых форм. Справа за рамку вынесены предпочтительные уровни.

совпадать с моментом их вымирания, но может быть связано с размывами, появлением в разрезах фаций, в которых эти формы не обитали или не захоронялись, неблагоприятными условиями захоронения и, наконец, неполнотой сборов. Равным образом появление таксона в разрезе может совпадать с моментом его возникновения, но может зависеть и от путей и скорости миграции, а также от всех вышеперечисленных причин. Поэтому в общем случае границы, проведенные по появлению или исчезновению таксонов, равноценны.

На рис. 5.52, I видно, что средний уровень, установленный по четырем исчезающим таксонам, и нижний, определяемый тремя вновь появляющимися таксонами, принципиально одинаковы, но они имеют явное преимущество перед верхним уровнем, который контролируется появлением лишь одного вида. Однако в геологической практике предпочтение может быть отдано и менее контрастному уровню в том случае, когда он совпадает с границей слоев или пачек (рис. 5.52, II). Анализ взаимоотношений рассматриваемых таксонов может существенно дополнить и уточнить такие в известной степени формальные оценки. Если среди ряда возможных уровней окажется такой, на котором появляются виды, имеющие прямую связь с видами из нижележащего биостратона, то такой уровень, бесспорно, получит преимущество перед всеми другими независимо от своего положения в разрезе (рис. 5.52, III), так как в пределах одного бассейна эволюционная смена видов происходит практически одновременно и, следовательно, граница, определяемая этой эволюционной сменой, заведомо окажется изохроной.

Во всех рассмотренных моделях речь шла только о пределах распространения таксонов в разрезе и способах их комбинирования. Но определенное значение имеет и сама численность таксонов, изменение количества экземпляров отдельных видов и родов в разрезе. Действительно, в разрезах часто наблюдаются существенные колебания численности таксонов,

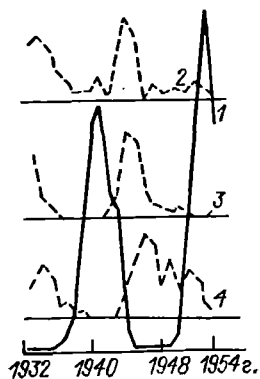


Рис. 5.53. Соотношение численности хищников и жертв в биоценозе европейской части СССР (по Н. В. Тимофееву-Ресовскому, А. В. Яблокову, Н. В. Глозову [1973]).

1 — зайцы; 2 — рыси; 3 — лисы; 4 — волки.

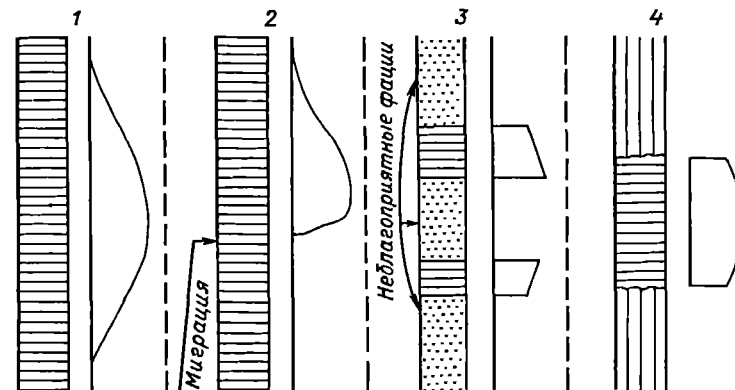


Рис. 5.54. Идеальные распределения численности вида в разрезе (1) и влияние на эти распределения миграций (2), фациальных изменений (3) и размывов (4).

Справа от колонок — графики распределения численности популяций.

ставлен немногими видами, число которых увеличивается, а затем вновь сокращается.

Особенно много примеров подобных распределений дало изучение палеозойских фораминифер [Раузер-Черноусова Д. М., 1940, 1948, 1955; Рейтлингер Е. А., 1969, 1970; Липина О. А., 1973; Соловьева М. Н., 1972]. В частности, родовые фораминиферовые зоны верхнего палеозоя устанавливались в ряде случаев именно по моментам расцвета соответствующих родов. Вместе с тем, особенно при рассмотрении в качестве стратиграфических индикаторов видовых таксонов, следует учитывать влияние целого ряда биотических и геологических факторов, которые могут существенно изменить подобные соотношения. Прежде всего следует отметить колебания размера популяций в зависимости как от абиотических факторов, так и от отношений с другими группами биоты. Так, численность зайцев оказывается строго коррелированной с численностью хищников [Тимофеев-Ресовский Н. В., Яблоков А. В., Глозов Н. В., 1973], причем эти колебания достигают 300—400% (рис. 5.53). Трофические связи вообще представляют один из главнейших факторов, регулирующих численность популяций, влияние которого может полностью маскировать общие эволюционные тенденции.

Все приведенные соображения относились к видам, которые проходят в рассматриваемом бассейне весь цикл своего развития. Но если сформировавшийся вид мигрирует из другого бассейна, то динамика численности его популяций окажется иной (рис. 5.54). Наконец, история развития самого бассейна, характер смены биотопов, запечатленный в фациях, полнота

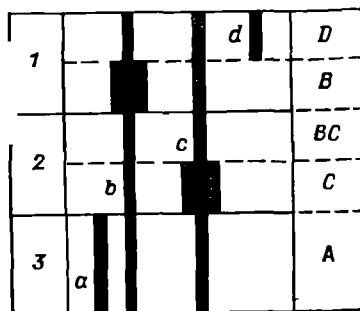


Рис. 5.55. Расчленение разреза по частоте встречаемости таксонов *a—d*.

Толщина колонок соответствует частоте встречаемости таксонов. 1—3 — номера слоев; A—D — индексы биостратиграфических подразделений. Нетрудно убедиться, что детали стратона B и C основаны на максимумах численности широко распространенных видов.

разрезов оказывают подчас определяющее влияние на численность вида в ископаемом материале. Поэтому выделение на основании численности таксонов каких-либо широко прослеживаемых подразделений без предварительного анализа истории этих таксонов не может быть успешным. Но для сопоставления близко расположенных разрезов изменение численности видов дает очень хороший материал, позволяющий добиваться весьма высокой детальности. При этом возможно выделение характерных слоев, основанных на видах, со значительно более широкими стратиграфическими диапазонами (рис. 5.55).

Таким образом, расчленение разрезов производится на основе распределения в этих разрезах определенных таксонов древних организмов. Принципиально возможны следующие градации таких распределений (рис. 5.56).

1. Формы, интервал распространения которых охватывает полный интервал сравнительно крупных (7) \* или детальных (1, 5) подразделений.

2. Формы, распространенные в какой-либо части подразделения (13) и маркирующие одну из его границ (3, 6, 9, 12).

3. Формы, достигающие максимального расцвета в пределах рассматриваемого стратона (2, 4).

4. Родственные формы с частично перекрывающимися или последовательными интервалами распространения, эволюционно сменяющие друг друга в разрезе (10, 11).

5. Транзитные формы (8).

По различным сочетаниям этих форм могут устанавливаться биостратоны с различными границами. Предпочтительными из этих границ являются эволюционные, а также обоснованные большим числом таксонов или совпадающие с литологическими разделами.

Уже при расчленении разреза по палеонтологическим данным необходим анализ комплексов для определения характера их возникновения, степени связи с фациями и причин измене-

\* В скобках указаны номера форм на рис. 5.56.

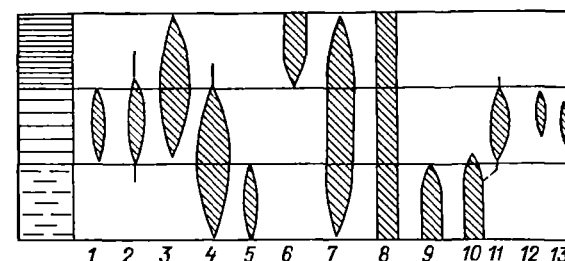


Рис. 5.56. Различные варианты распространения древних организмов в разрезе (по Т. Николу [1977], с изменениями и дополнениями).

ний в разрезе, поскольку эти данные используются собственно для биостратиграфии и несут очень большую общегеологическую информацию.

### 5.2.5. Биостратиграфическая корреляция

Выяснение стратиграфических диапазонов остатков древних организмов и проводимое на этой основе биостратиграфическое расчленение частных разрезов, по существу, представляют собой лишь начальные этапы стратиграфического анализа. Эти операции обеспечивают возможность сопоставления разрезов путем прослеживания в них определенных биостратиграфических подразделений. Последние позволяют в известной мере отвлечься от конкретных литотопов и проводить сопоставление литологически несходных слоев, пачек или свит. Основанием для сопоставления при этом служит не тождество вещественного состава слоев, а одновременность их образования. Таким образом, под биостратиграфической корреляцией понимается прежде всего прослеживание на определенной территории разновозрастных биостратиграфических подразделений, а скоррелированными разрезами следует называть такие, в которых установлены одни и те же (или аналогичные по возрасту) биостратиграфические подразделения с изохронными границами. Именно в этом смысле термин корреляция употребляется подавляющим большинством стратиграфов.

Однако в практической работе термин корреляция используется часто в значительно более широком смысле. Действительно, если при сопоставлении достаточно удаленных разрезов, сложенных породами, существенно отличающимися по составу, единственным основанием для корреляции является одновременность событий, приведших к формированию литологически несходных пачек, то при анализе разрезов, расположенных в пределах одного района, сопоставление проводится обычно без предварительного решения вопроса об изохронности прослеживаемых границ. Так, например, при сопоставлении разрезов

верхней юры и неокома Западной Сибири главными реперами являются основание морской верхнеюрской толщи (кровля тюменской свиты), а также подошва и кровля битуминозной толщи, несмотря на то что кровля тюменской свиты неоднородна, а стратиграфический объем битуминозных аргиллитов увеличивается с востока на запад более чем в два раза. Основанием для корреляции здесь служит непрерывность в пространстве определенных литологических тел. Аналогичные примеры нетрудно привести и при чисто биостратиграфических сопоставлениях разрезов. Так, одним из первых подразделений, установленных в юре Центральной России, были темные глины, заключающие раковины аммонитов рода *Ammonoceras*. Эти глины, получившие название «альтерновых слоев», прослежены почти по всей территории европейской части СССР. Однако объем «альтерновых слоев» в Подмосковье из-за многочисленных разрывов ограничен верхним оксфордом, в то время как к северу от Москвы в районе Костромы (р. Унжа) они включают и нижний кимеридж.

Таким образом, в практической работе под корреляцией разрезов часто подразумевается установление в серии изучаемых разрезов одних и тех же биостратиграфических подразделений или литологических пачек часто вне зависимости от степени изохронности их границ.

К. Данбар и Дж. Роджерс [Dunbar, Rodgers, 1957] предложили поэтому различать собственно корреляцию, т. е. сопоставление строго одновозрастных подразделений, и фацимальное или фаунистическое соответствие, под которым понимается прослеживание пачек, характеризующихся сходным литологическим составом или сходными комплексами фауны (флоры). Эти бесспорно важные уточнения стратиграфической терминологии не получили, однако, широкого применения. Причину того, что геологи не примирились с необходимостью такого ограничения термина корреляция, следует видеть вовсе не в страхе перед вычурностью предлагаемой классификации. Употребление термина корреляция в широком его понимании, скорее, обусловлено тем, что само понятие одновозрастности не является вполне определенным.

Действительно, при составлении обзорных геологических карт для корреляции отложений достаточно, например, знать, что в одном разрезе найден аммонит рода *Porroceras*, а в другом — *Leioceras*. Эти сведения позволяют отнести вмещающие слои к юрской системе и, таким образом, скоррелировать оба разреза с точностью, необходимой для карт масштаба 1:7 500 000 и еще более мелких. Однако при работе с картами масштаба 1:500 000—1:5 000 000 такая корреляция окажется уже неудовлетворительной, поскольку легенды этих карт предусматривают выделение отделов, и, следовательно, с точки зрения составителя, сопоставление верхнеюрских (нижняя

юра) отложений с нижнеалейскими (средняя юра) неверно\*. Продолжая наш пример, можно констатировать, что при составлении геологических карт среднего масштаба потребуется уже корреляция на уровне ярусов и подъярусов, а крупномасштабные геологические карты, а также работы, связанные с обоснованием современных стратиграфических схем, основываются на зональной корреляции. Наконец, для разведчика часто грубыми окажутся и зональные корреляции и на небольших, правда, расстояниях он будет прослеживать отдельные пласты и маркирующие горизонты, зачастую значительно более дробные, чем зоны.

Таким образом, точность биостратиграфических корреляций, т. е. степень одновозрастности подразделений, устанавливаемых в изучаемых разрезах, всегда относительна. Она определяется в зависимости от целей, стоящих перед геологами, масштабами и детальностью исследования. В зависимости от масштабов и детальности работ меняются как требования к прослеживаемым биостратиграфическим подразделениям, так и сами методы этого прослеживания.

Первым среди методов биостратиграфической корреляции как по времени своего возникновения, так и по влиянию, которое он оказал на развитие стратиграфии, является метод руководящих форм. Суть метода состоит в том, что корреляция отложений проводится по находкам строго определенных ископаемых, которые приурочены к одновозрастным слоям. Именно такой способ сопоставления слоев применил впервые В. Смит при корреляции юрских слоев Англии. На этой же основе А. д'Орбиньи была разработана ярусная (и зональная) шкала мезозоя. Впервые, однако, понятие о руководящих формах было сформулировано в середине XIX в. Г. Бронном, предложившим различать формы, встречающиеся в нескольких последовательных формациях, и формы, характерные только для одной определенной формации. Концепция руководящих форм, бесспорно, сыграла выдающуюся роль в установлении большинства систем, отделов, а впоследствии и ярусов на всех материках, в значительном удалении от стратотипических областей и зачастую при невысокой в то время степени геологической изученности многих регионов. Как следует из самого определения руководящих форм, они должны иметь относительно узкие стратиграфические диапазоны, очень широкие ареалы, должны встречаться в слоях, разнообразных по своему вещественному составу, т. е. мало зависеть от фаций, наконец, должны часто встречаться и обладать характерными морфологическими признаками, которые обеспечивают быстрое и однозначное их определение.

\* Однако, как это ни парадоксально, отложения геттанга и тоара, разделенные значительно большим стратиграфическим интервалом, в этих условиях будут рассматриваться как одновозрастные, поскольку они принадлежат одному отделу.

Действительно, по существу, каждый вымерший таксон имеет определенный стратиграфический интервал и поэтому может рассматриваться как руководящий. Но очень многие древние виды существовали на протяжении целых периодов и эпох. Достаточно вспомнить такие консервативные формы, как *Lingula* или *Pleuromya*. Поэтому руководящими могут быть лишь представители быстро эволюционирующих групп. С другой стороны, известны не такие уж редкие примеры, когда быстро изменяющиеся во времени организмы имеют весьма ограниченное значение в качестве руководящих форм из-за узости своих ареалов. Выше уже отмечалось, что такая прекрасная ортостратиграфическая группа, как гониатиты, во многих районах практически не может быть использована для корреляции верхнепалеозойских отложений вследствие локального распространения слоев с аммоидеями. Точно так же из-за ограниченности ареалов незначительную роль при корреляции юрских и нижнемеловых толщ имеют планктонные фораминиферы и радиолярии, в то время как для биостратиграфии верхнего мела и особенно для кайнозоя они стали едва ли не основными группами. Особую проблему составляют эндемичные виды. Многие из них характеризуются весьма незначительными площадями распространения, а некоторые установлены в одной точке. Поэтому, несмотря на то что очень часто эндемичные формы имеют весьма узкие стратиграфические диапазоны, их использование для целей корреляции в качестве руководящих форм, как правило, малоэффективно.

Независимость от фаций — требование, необходимое для сопоставления слоев различного состава, — является одним из основных условий при выделении руководящих форм. Как уже неоднократно отмечалось в геологической литературе, в наибольшей степени этому условию удовлетворяют пелагические организмы. В определенной мере независимы от фаций и эврибионтные бентальные группы, например бухии и иноцерамиды (двустворки). Брахиопода *Fusirhynchia micropteryx* (Eichw.) присутствует в волжских отложениях Приполярного Урала в самых разнообразных фациях — от тонких глин до оолитовых песчаников и гравелитов. В общем случае приуроченность каких-либо форм к слоям строго определенного состава является скорее исключением. Чаще всего одни и те же бентальные организмы встречаются в нескольких, обычно близких, типах пород. Такая их распространенность часто является суммирующей и обусловлена обитанием этих организмов на определенных грунтах и последующим их переносом и переотложением.

Существенным моментом является и частота встречаемости руководящих форм. Ясно, что любой древний организм может использоваться для практических целей корреляции только в том случае, если значительна вероятность его обнаружения в изучаемых разрезах. Между тем обычно в осадочных породах

наиболее распространенными являются бентальные формы, часто представляющие значительно меньшую ценность для биостратиграфических сопоставлений. Так, например, в нижне- и среднеюрских отложениях Восточной Сибири исключительно обильны двустворки и, напротив, настолько редки аммониты, что их использование для местных корреляций практически невозможно. В ордовикских отложениях Иркутского амфитеатра практически отсутствуют граптолиты, а в пермских отложениях Тимана — гониатиты. Во всех этих и многих других аналогичных случаях трудности при биостратиграфических сопоставлениях многократно возрастают.

Наконец, руководящие формы непременно должны быть настолько характерными, чтобы их определение вызывало как можно меньше расхождений между специалистами. Конечно, любые биостратиграфические корреляции подразумевают однозначность определений фауны и флоры. Без соблюдения этого условия сопоставление осадочных толщ, основанное на использовании палеонтологических данных, просто невозможно. Но для руководящих форм однозначность определений важна особенно, поскольку на них основаны наиболее ответственные стратиграфические выводы. Так, например, слишком широкое понимание рядом авторов вида *Amoeboceras alternans* (Buch) из упоминавшихся уже «альтерновых слоев» привело к выводу об отсутствии в Центральной России отложений нижнего киммериджа. Лишь в конце 20-х годов текущего столетия было установлено, что наряду с позднеоксфордскими *Amoeboceras alternans* к этому важнейшему руководящему виду относились и раннекиммериджские *A. kitchini* (Salf.). Не менее часты и обратные случаи: в 1932 г. крупнейший английский палеонтолог Л. Спэт установил новый род аммонитов — *Arcticoceras*. За типовой вид этого рода был избран печорский *Ammonites ishmae* Keys., а в Восточной Гренландии Л. Спэт выделил другой вид — *Arcticoceras kochi* Spath. С тех пор в связи со сложностью сопоставления слоев на границе бата и келловея корреляция зон *ishmae* и *kochi* стала камнем преткновения для стратиграфов. И лишь 40 лет спустя Дж. Кэлломон [Callomon, 1975] установил, что *A. kochi* является младшим синонимом *A. ishmae* и что, следовательно, зоны *ishmae* и *kochi* на самом деле являются одной зоной *ishmae*.

Как видно из обзора, требования, предъявляемые к руководящим формам, очень жестки. Тем не менее почти в каждой системе фанерозоя известно достаточно много видов и родов древних организмов, удовлетворяющих этим требованиям. Классические примеры руководящих форм дают мезозойские аммоиды. Так, например, аммониты рода *Amaltheus* приурочены в пределах всей Бореальной области от Северной Америки до Северо-Востока СССР к верхнему плинсбаху (домеру), а отдельные виды этого рода повсеместно встречены только в ниж-

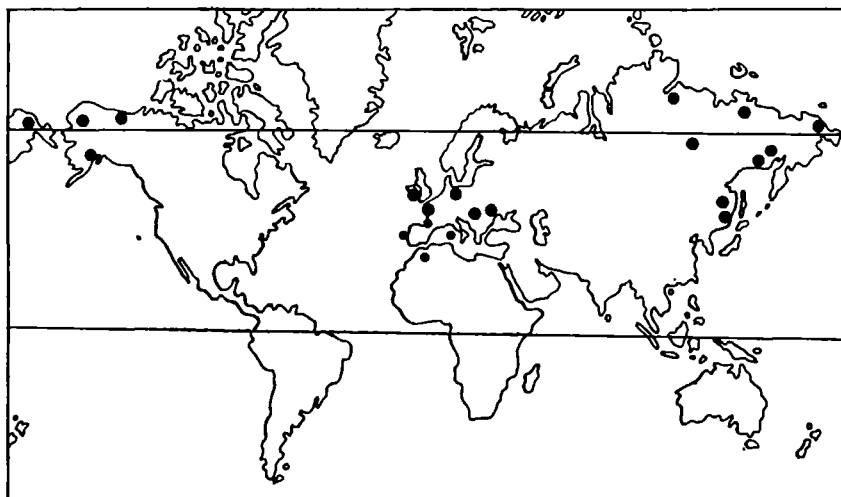


Рис. 5.57. Распространение аммонитов рода *Amaltheus*.  
Размеры точек пропорциональны значению амальтеид в комплексах аммоноидей (по А. А. Дагис [1976], с упрощениями).

ней (*A. stokesi*) или только в верхней (*A. margaritatus*) частях домера (рис. 5.57). Столь же широким распространением и постоянными стратиграфическими интервалами характеризуются и многие другие виды и роды аммоноидей, планктонных фораминифер, радиолярий, конодонт, граптолитов, а также некоторые группы двустворок и других бентальных организмов.

Вместе с тем при детальных стратиграфических исследованиях выявляются многочисленные примеры, когда даже представители ортогрупп имеют в разных районах существенно различные стратиграфические диапазоны. На рис. 5.58 показаны стратиграфические диапазоны наиболее характерных раннекимериджских аммонитов на Приполярном Урале и на Таймыре. Мы видим, что в большинстве случаев эти диапазоны не совпадают, а иногда даже имеют принципиально разные объемы (например, у *Rasenia pseudouralensis*, *Amoeboceras* (*Amoebites*) *pingueforme* и др.). Приведенный пример важен еще и потому, что в обоих районах производились послойные массовые сборы, это сводит к минимуму вероятность находок указанных видов на других стратиграфических уровнях. Неудивительно поэтому, что многочисленные ошибочные корреляции, основанные на некритическом использовании традиционных руководящих форм, породили пессимистическое отношение к этим формам. Прежде всего, как мы видим, представление о том, что отдельные руководящие формы во всех районах своего распространения имеют один и тот же стратиграфический диапазон, не подтверждается во многих случаях фактическими данными.

Подъярусы, зоны		Amoebites				Rasenia					Zonovia subelshamensis	
		kitchini	spathi	pingueforme	simplex	pseudouralensis	ordignyi	ornata	coronata	borealis	aurita	
Верхний кимеридж												1
Нижний кимеридж	<i>Rasenia borealis</i>											2
	<i>Pictonia involuta</i>											

Рис. 5.58. Распространение некоторых характерных нижнекимериджских аммонитов на Таймыре (1) и на Приполярном Урале (2) (по М. С. Месежникову).

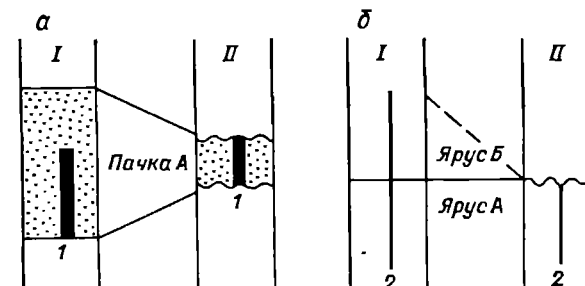


Рис. 5.59. Примеры искажений стратиграфических диапазонов видов, обусловленные неполнотой разрезов.

а — вид 1 в разрезе I приурочен к нижней части пачки А, в разрезе II из-за размыва верхней части он встречается по всей толще; б — вид 2 в разрезе I встречен в ярусах А и Б, в разрезе II из-за выпадения яруса Б этот вид распространен только в ярусе А.

Это очень распространенное явление, как теперь установлено, часто обусловлено исключительно геологическими причинами. В первую очередь здесь должна быть отмечена различная полнота разрезов. Достаточно часто характерные для части какой-либо пачки виды в сокращенных разрезах распространены по всему разрезу этой пачки. Не менее часто формы, типичные для пограничных слоев двух смежных стратиграфических подразделений, в менее полных разрезах приурочены только к одному из этих подразделений за счет размыва кровли подстилающего или подошвы перекрывающего стратона (рис. 5.59). Вторым существенным фактором является переот-

Окс-Кимеридж	<i>cymodoce</i>			<i>hypseloscyclus</i>
	<i>baylei</i>	1	2	<i>divisum</i>
	<i>pseudocorda</i>		3	<i>platynota</i>
				<i>planula</i>

Рис. 5.60. Различия стратиграфических диапазонов аммонитов рода *Pictonia* в разных районах Евразии.  
1 — группа *P. involuta* (север Евразии); 2 — группа *P. baylei* (Северо-Западная Европа); 3 — группа *P. perisphinctoides* (Южная Европа).

ложение ископаемых. Это широко распространенное явление рассмотрено в специальном разделе ниже. Наконец, третьим очень существенным геологическим фактором, влияющим на диапазоны руководящих форм, являются условия их захоронения. Например, до сих пор на Русской платформе самые верхние горизонты оксфорда установлены лишь в одной точке на р. Оке (разрез у дер. Новоселки восточнее Рязани), хотя имеется еще целый ряд полных разрезов, где присутствие этих горизонтов весьма вероятно. Однако сохранность фауны в этих разрезах такова, что надежные определения руководящих форм из них просто невозможны.

Не менее часто несовпадение в разных разрезах стратиграфических диапазонов руководящих форм связано с особенностями их развития и расселения. Нередко приходится сталкиваться со случаями асинхронного развития в различных районах форм, которые в каждом отдельном районе занимают строго определенное положение и являются, таким образом, руководящими. Аммониты рода *Pictonia* — один из наиболее характерных таксонов бореального нижнего кимериджа — включают три группы видов, которые параллельно развивались в относительно обособленных бассейнах. В Южной Европе пиктонии обитали с середины позднего оксфорда до середины раннего кимериджа, в Северо-Западной Европе — с самого конца оксфорда до середины раннего кимериджа, а в Арктическом бассейне — только в первой половине раннего кимериджа (рис. 5.60).

Еще чаще приходится сталкиваться с постепенным расширением ареала какой-либо группы и соответственно с изменением ее стратиграфического диапазона по направлению миграции. Многочисленные примеры подобных изменений можно видеть даже у такой ортостратиграфической группы, как мезозойские аммоноидеи. Так, аммониты рода *Prorastenia*, обитавшие в морях Южной Европы в позднем оксфорде — раннем кимеридже, расселились на бассейнах севера Европы и в Западной Сибири только с начала кимериджа [Месежников М. С., Алексеев С. Н., 1974], аммониты рода *Menjailes* появились в Среднерусском бассейне в начале валанжина, несколько позднее они проникли в Печорский бассейн и лишь в середине раннего валанжина до-

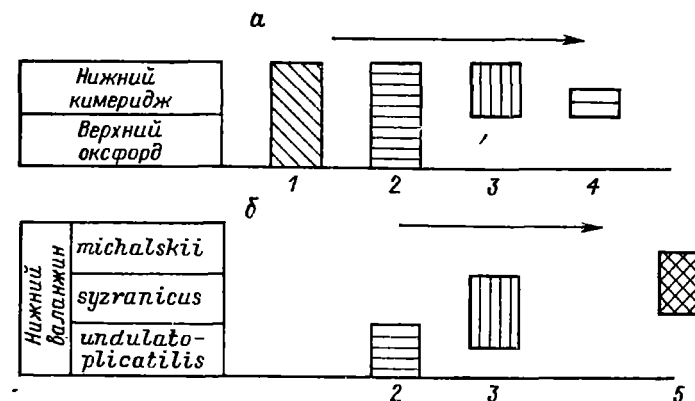


Рис. 5.61. Изменение стратиграфических диапазонов некоторых родов аммонитов, обусловленное постепенной миграцией.

*a* — *Prorastenia* (по М. С. Месежникову и С. Н. Алексееву [1974]); *b* — *Menjailes* (по С. А. Чирве, Н. И. Шульгиной, М. Д. Бурдыкиной [1975]). Стрелками показано направление миграции.  
1 — Западная Европа; 2 — бассейн р. Волги; 3 — бассейн р. Печоры; 4 — восточный склон Приполярного Урала; 5 — Таймыр.

стигли Северной Сибири [Чирва С. А., Шульгина Н. И., Бурдыкина М. Д., 1975] (рис. 5.61).

Наиболее частым случаем изменения стратиграфического диапазона руководящих форм является связь их с определенными фациями, т. е., по существу, влияние экологических факторов. Такая характерная для поздней юры группа бореальных двустворок, как бухии, чрезвычайно редка в теплом позднеюрском бассейне Приполярного Урала, хотя в соседних Печорском и Западно-Сибирском бассейне они встречаются в изобилии и, по существу, являются здесь ортостратиграфической группой. Гастропода *Streptocarella sokolovi* Andrus. на п-ове Челекен характеризует небольшой по мощности (3—5 м) горизонт — «стрептоцерелловые слои» в нижней части апшеронского яруса. На западном же побережье Каспия этот вид распространен по всему разрезу апшерона [Колядный, 1955].

Чаще всего, рассматривая случаи неодинакового распространения в разрезах руководящих форм, приходится констатировать влияние не одного, а сразу нескольких факторов. Весьма показательным в этом отношении является распространение отдельных видов брахиопод в среднекаменноугольных отложениях Волго-Уральской области. Здесь в разных районах наблюдается «скопление» по разрезу отдельных форм. Некоторые виды брахиопод, которые в Подмосковной котловине встречаются лишь в верхней части московского яруса (подольский и мячковский горизонты), на востоке Русской платформы появляются уже в низах этого яруса. Так, в разрезах Самарской Луки и Куйбышевского Поволжья в отложениях, являющихся аналогами верей-

ского, т. е. самого нижнего, горизонта московского яруса Подмосковья, встречаются некоторые виды, которые в последнем неизвестны ниже каширского горизонта, как, например, *Neospirifer attenuatiformis* Ivan, *Choristites* группы *Ch. priscus* Eichw. Еще больше подобных каширских и подольских элементов мы находим в аналогах верейских слоев в районе Вятского вала и Камского Приуралья. Объяснение этого факта можно видеть в двух обстоятельствах. Прежде всего скудность палеонтологической характеристики верейских слоев Подмосковья в значительной мере отражает неблагоприятные экологические условия, господствовавшие в этом районе в момент начала среднекаменноугольной трансгрессии. На востоке платформы, и в особенности в Приуралье, где перерыв в основании московского яруса не наблюдается, верейский горизонт в фациальном отношении не отличается так резко от вышележащих слоев, как в Подмосковье. Таким образом, в Поволжье и Приуралье в верейское время возникли виды, которые не могли по чисто экологическим причинам проникнуть в Подмосковский бассейн. Именно экологическим фактором следует объяснять, что комплексы брахиопод аналогов верейского горизонта Волго-Уральской области содержат гораздо более богатый и разнообразный комплекс брахиопод, чем в Подмосковье.

Другим возможным фактором, обусловившим «скольжение» брахиопод по разрезу, явилась постепенность миграции брахиопод. Можно думать, что фауна брахиопод московского яруса сформировалась первоначально в Уральском геосинклинальном бассейне, откуда она постепенно расселялась к западу. При таком допущении вполне естественное и логичное объяснение получают факты некоторого отставания в появлении отдельных форм в более западных районах Русской платформы по сравнению с более восточными и особенно уральскими разрезами. Вероятно, различие в распределении фауны на востоке и западе Русской платформы обусловлено влиянием обоих этих факторов.

Наконец, существенным моментом, ограничивающим использование руководящих форм, является приуроченность их к определенным палеобиогеографическим провинциям и областям. Формы, пользующиеся планетарным распространением, вроде геттангских аммонитов рода *Psiloceras*, составляют ничтожное исключение из всей массы палеонтологического материала, который привлекается для биостратиграфического анализа. Поэтому, как правило, руководящие формы могут эффективно использоваться в пределах более или менее ограниченной территории.

Все сказанное приводит к выводу о необходимости весьма осторожного и критического подхода к руководящим формам. Выбору какого-либо вида в качестве руководящего непременно должна предшествовать тщательная проверка его стратиграфи-

ческих диапазонов в частных разрезах и анализ степени зависимости этого вида от фаций. Точно так же при переходе в другой регион требуется проверка стратиграфической приуроченности руководящих форм, установленных в ранее изученных регионах. Разумеется, задача существенно упрощается при корреляции близко расположенных разрезов. В этих условиях, когда существенные возрастные скольжения маловероятны, а фации относительно выдержанны, руководящие формы часто выступают в качестве отличительных признаков маркирующих пластов или характерных пачек и имеют очень большое значение. В целом же, несмотря на всю важность и чрезвычайно широкое использование руководящих форм, их роль при корреляции разрезов представляется теперь менее значительной, чем несколько десятилетий назад. Современные стратиграфические корреляции основываются преимущественно не на отдельных руководящих формах, а на анализе фаунистических или флористических комплексов.

Биостратиграфическая корреляция на основе анализа фаунистических и флористических комплексов. Этот способ биостратиграфической корреляции основан на прослеживании не отдельных руководящих форм, а определенных группировок ископаемых организмов. Метод комплексов является, конечно, более трудоемким по сравнению с методом руководящих форм, но имеет и ряд бесспорных преимуществ. Прежде всего, благодаря тому что анализируются не отдельные, заранее выбранные виды, а более или менее обширные группы видов и родов, резко возрастает число коррелируемых разрезов, так как в рассмотрение вводятся и те частные разрезы, в которых по условиям обнаженности, особенностям захоронения и фоссилизации или из-за малой плотности популяций и т. п. руководящие виды не обнаружены.

Другим важным преимуществом метода комплексов является существенное расширение числа таксонов, которые могут привлекаться для корреляции разрезов. Определенную стратиграфическую ценность при этом приобретают даже относительно медленно изменяющиеся формы, которые, как правило, чаще всего встречаются в обнажениях и в кернах скважин. Наконец, самым важным преимуществом метода комплексов является возможность сравнительно объективной оценки изохронности биостратиграфических границ. Действительно, как мы видели, любая форма, в том числе и руководящая, в отдельно взятом частном разрезе благодаря суммированию самых разнообразных факторов может занимать различное положение относительно границ определенной биостратиграфической единицы (рис. 5.62), вплоть до того, что виды, характерные для этой единицы в одних разрезах, будут встречаться только в выше- или нижележащих стратонах в других разрезах.

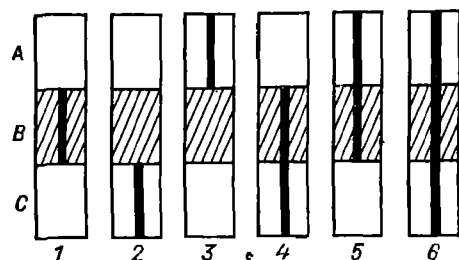


Рис. 5.62. Возможные положения руководящей формы относительно пачки В.

Подобные случаи принципиально возможны для всех без исключения ископаемых организмов вплоть до зональных видов-индексов [Ziegler, 1972]. Иными словами, в ряде случаев, даже имея руководящие формы, нельзя быть уверенным в правильном отношении пачки, заключающей эти формы, к определенному стратону. Вероятность ошибки, однако, уменьшается вдвое, если стратон прослеживается не по одному, а по двум видам. Эта вероятность сократится еще более, если в рассмотрение вводится 3, 4, 5 и более видов. В общем случае выявление такого комплекса видов позволяет практически безошибочно проследить определенные биостратиграфические подразделения. В тех же случаях, когда виды, входящие в комплекс, не характеризуют единый биоценоз (и, следовательно, позволяют в значительной степени абстрагироваться от фаций), неповторимость их сочетания в разрезе дает возможность установления изохронных поверхностей, так как совместное и независимое существование ряда форм могло иметь место только в течение строго определенного отрезка времени. Преимущества метода комплексов нашли самое широкое практическое использование, и в настоящее время этот метод является основным при биостратиграфических сопоставлениях.

Метод комплексов, как и любой другой, имеет, конечно, свою специфику. Прежде всего необходимо рационально определить само понятие комплекс. В геологической литературе существуют два принципиально разных подхода к этому определению. Большинство специалистов устанавливают фаунистические комплексы, характеризующие биостратиграфические единицы, раздельно по каждой группе. Так, например, для мезозоя выделяются обычно комплексы аммоноидей, белемнитов, двустворок, фораминифер, радиолярий, остракод; для верхнего палеозоя — комплексы аммоноидей, фузулинид, брахиопод, остракод и т. п.

Действительно, очень часто фаунистические комплексы, установленные по отдельным группам, имеют в разрезе различные стратиграфические объемы и, следовательно, по разным группам выделяются и прослеживаются разные биостратиграфические подразделения. Так, например, маастрихтские отложения Дании и северо-западной части ФРГ представлены монотонной толщей белых известняков мощностью от 250 до 700 м. В этих отложе-

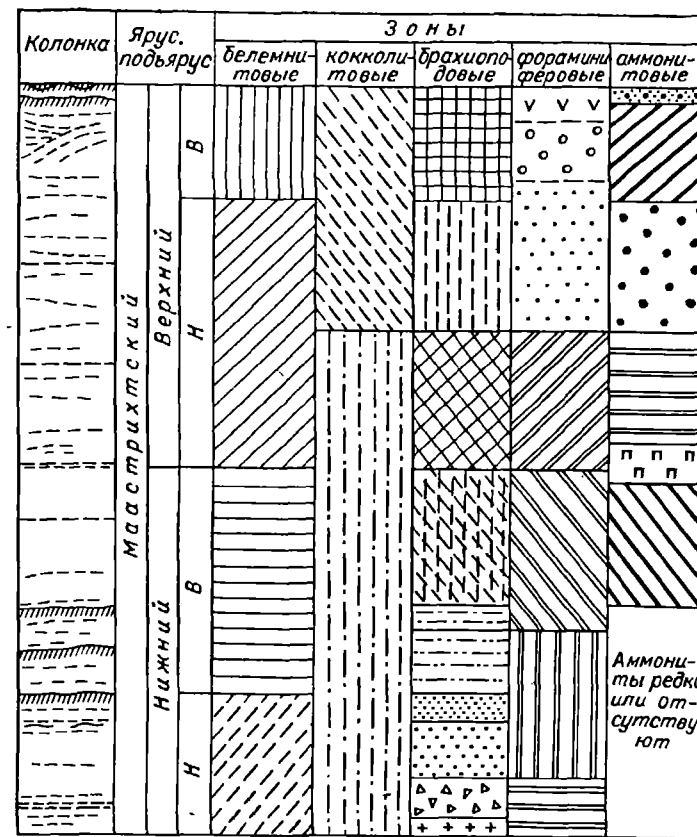


Рис. 5.63. Соотношения биостратиграфических подразделений, выделенных по разным группам фауны в маастрихте Дании и севера ФРГ (по Ф. Сурлику и Т. Биркелунд [Surlyk, Birckelund, 1977], с. упрощениями).

ниях выделены комплексы аммонитов, белемнитов, брахиопод, фораминифер и кокколитофорид [Surlyk, Birckelund, 1977]. На рис. 5.63 видно, что число биостратиграфических подразделений, установленных на основании этих комплексов, неодинаково (4 по белемнитам, 2 по кокколитофоридам, 10 по брахиоподам, 7 по фораминиферам, 6 по аммонитам), а их объемы отличаются настолько, что не существует ни одной биостратиграфической границы, которую можно было бы проследить по всем группам, хотя в то же время существуют уровни, однозначно определяемые целым рядом комплексов.

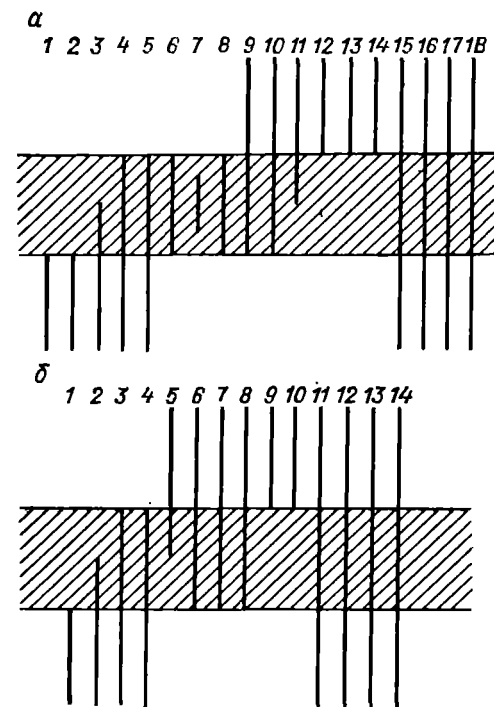
Примеры, подобные рассмотренному, можно привести практически по любым отложениям любого района. Поэтому в общем случае можно полагать, что в состав фаунистического комплекса должны включаться лишь представители одной группы,

характеризующейся в определенном бассейне общей историей существования и в значительной своей части сравнимыми темпами эволюции. В то же время рядом стратиграфов неоднократно постулировалась необходимость включения в состав комплексов представителей различных классов и даже типов древних организмов. Основанием для подобных рекомендаций явилось представление о естественности если не всех, то по крайней мере большинства стратиграфических границ, которые должны отражать совпадающие во времени изменения среды и биоты. Как мы видели, реальные соотношения, наблюдаемые в разрезах, являются значительно более сложными и во всяком случае весьма далеки от таких прямолинейных закономерностей. Вместе с тем сопоставление достаточно продолжительных по времени формирования участков разреза может производиться и с помощью комплексов, включающих представителей самых разных групп. Наиболее показательны в этом отношении фито-стратиграфические исследования, которые основываются на анализе всего систематического состава растительности. Однако, как правило, широкие фито-стратиграфические сопоставления проводятся с детальностью до отдела или значительной части отдела. При корреляции морских толщ такая детальность, разумеется, недостаточна, и в этих условиях целесообразнее ограничивать состав комплекса одной группой фауны или даже частью группы (например, комплексы иноцерамид в юре, и мелу, комплексы планктонных фораминифер в кайнозое и т. п.).

Особенно сложной задачей является установление стратиграфического объема комплекса, т. е. определение его границ в разрезе. Несмотря на то что комплексы, устанавливаемые по отдельно взятой группе, несомненно отражают историю развития этой группы в пределах рассматриваемого бассейна, различия в темпах эволюции отдельных филумов и в скоростях миграции, экологические особенности таксонов, с одной стороны, а с другой — неполнота разрезов, особенности захоронения в них древних организмов, различие условий, способствующих консервации древних организмов, и т. п. приводят к тому, что в практической работе стратиграф вынужден, как правило, отвлекаться от трактовки комплекса как эволюционного или фенотипического этапа развития группы и определяет его границы эмпирически по соотношениям диапазонов распространения в разрезах отдельных таксонов этой группы. Все многообразие этих соотношений можно свести к двум случаям (рис. 5.64).

Обычно в составе комплекса выбирается одна или несколько форм с ограниченным стратиграфическим диапазоном, а распределение остальных форм сопоставляется с этими индексами. Однако возможен и случай отсутствия таких узко распространенных таксонов, и под комплексом понимается определенная группировка видов, каждый из которых имеет широкий стратиграфический диапазон, но при этом имеется интервал разреза,

Рис. 5.64. Примеры выделения биостратиграфических подразделений и установления их границ путем анализа стратиграфических диапазонов отдельных видов комплекса.



в котором эти виды встречаются совместно. Конечно, эмпирическое определение комплексов является достаточно субъективным. Поэтому для однозначного понимания комплексов и, следовательно, для однозначной корреляции разрезов всеми стратиграфами необходимо, чтобы выделение каждого комплекса сопровождалось его четким диагнозом. Так, для комплекса, показанного на рис. 5.64, а, характерно: а) совместное существование видов 3—11, 15—18; б) существование только в рассматриваемом комплексе видов 6—8; в) исчезновение на нижней границе комплекса видов 1—2 и появление видов 5—6, 8—10; г) исчезновение на верхней границе комплекса видов 4—6, 8 и появление видов 12—14.

Несколько иным будет диагноз комплекса, показанного на рис. 5.64, б, для которого характерным окажется: а) совместное существование видов 2—8 и 11—14; б) исчезновение на нижней границе вида 1 и появление видов 6—8; в) исчезновение на верхней границе видов 3—4 и появление видов 9—10.

Как правило, комплекс устанавливается в одном разрезе, который является, таким образом, справочным, но отдельные детали его состава, естественно, уточняются по целой серии разрезов. Обычно в каждом разрезе состав комплекса претерпевает некоторые изменения, однако, благодаря тому что сам комплекс

и характеризующее им биостратиграфическое подразделение определяется значительным количеством форм, принципиально возможно его прослеживание на значительные расстояния. Важно отметить, что объективная корреляция фаунистических комплексов должна в первую очередь основываться на их диагнозах. Поэтому выпадение из комплекса некоторых характерных форм еще не является препятствием для прослеживания комплекса в тех случаях, когда его основные черты могут быть установлены в каком-либо разрезе. Наглядный пример в этом отношении представляет зона *Epivirgatites nikitini* (верхи средневожского подъяруса). В своем стратотипе у г. Сызрани она может быть охарактеризована следующим образом:

1. Только в этой зоне весьма часто встречается *Epivirgatites nikitini* (Mich.) и очень редко встречаются *Laugeites* и *Paracraspedites*.

2. На нижней границе зоны исчезают *Virgatites*.

3. На верхней границе зоны появляются *Kachpurites* и *Craspedites*.

В верхнем Поволжье в районе Рыбинского водохранилища находки *Epivirgatites nikitini* чрезвычайно редки. В многолетних сборах А. Н. Иванова, насчитывающих сотни экземпляров, удалось обнаружить всего два аммонита, относящихся к этому виду. Здесь резко преобладают *Laugeites* и *Paracraspedites* и выдерживаются те же изменения фауны на границах зон. Поэтому, несмотря на практическое отсутствие самой характерной формы — вида-индекса, зона *nikitini* уверенно диагностируется и в верхнем Поволжье.

Особое значение при сопоставлениях на большие расстояния имеют викарирующие (замещающие) виды. В современной фауне викариат — очень распространенное явление. Так, европейская лесная куница замещается в Сибири соболем, восточно-европейский зубр — в Северной Америке бизоном и т. п. Не менее распространен викариат и в древних фаунах. Приведем в качестве примеров цехштейновый *Productus* (*Horridonia*) *horridus* Sow., которому в Арктике соответствует *Pr. (H.) borealis* Salf., широко распространенный в Северо-Западной Европе и замещающийся в Арктике *P. involuta* Mesezhn. При этом обычно фаунистический комплекс прослеживается тем дальше, чем он менее связан с фациями. Действительно, комплексы нектонных и планктонных организмов нередко имеют поясное распространение, в то время как комплексы бентоса часто ограничены одной фациальной зоной.

На рис. 5.65 показан состав комплексов фораминифер киме-риджского и волжского ярусов, изученных С. П. Яковлевой по многочисленным скважинам в бассейне р. Печоры. Рассматриваемые отложения на западе района (Ижемский и Нарьян-Мар-Шапкин-ский районы) представлены преимущественно карбо-

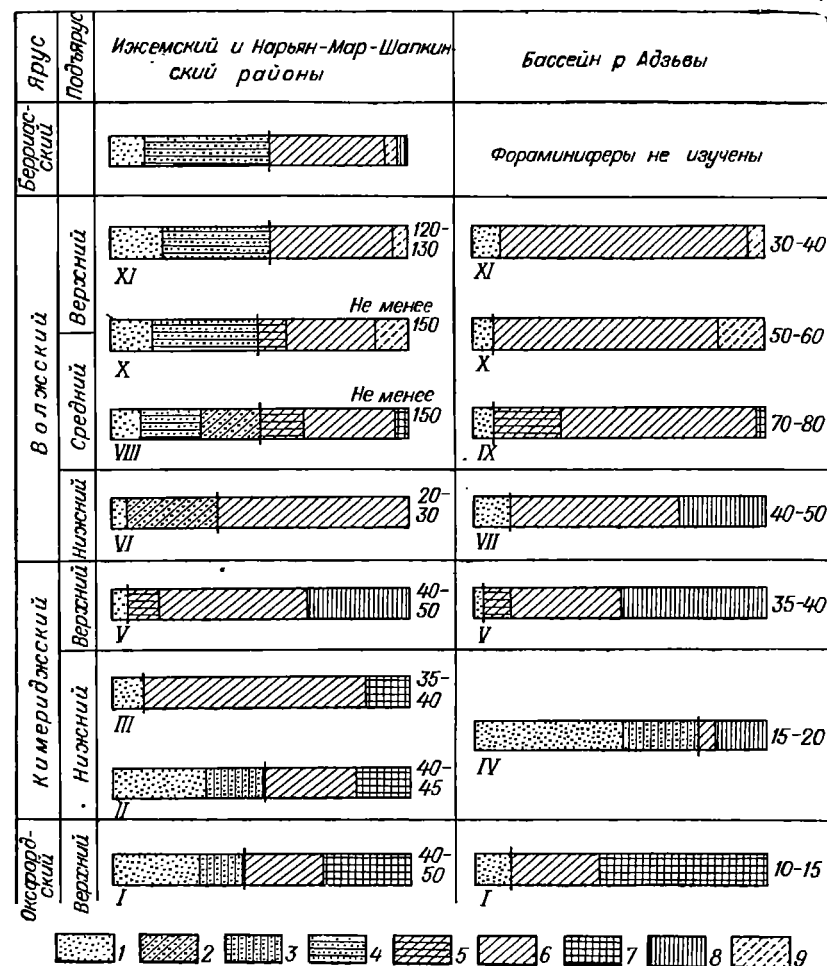


Рис. 5.65. Изменение состава комплексов фораминифер верхней юры бассейна р. Печоры в зависимости от фаций (по С. П. Яковлевой).

1 — формы с песчаной стенкой; 2 — атаксофрагминиды; 3 — спироплектаминны; 4 — литуолиды; 5 — формы с известковистой стенкой; 6 — нодозарииды; 7 — эпистомины; 8 — псевдоламаркины; 9 — полиморфинды.  
 I — *Epistomina uhligi*; II — *Spiroplectammina* ex gr. *tobolskensis*; III — *Lenticulina kusnezovi* и *Epistomina praetartensis*; IV — *Reophax sterkii* и *Spiroplectammina* ex gr. *tobolskensis*; V — *Pseudolamarckina topsiensis*; VI — *Verneulinoides kirillae* и *Lenticulina sokolovi*; VII — *Pseudolamarckina voliaensis*; VIII — *Dorothia tortuosa*; IX — *Lenticulina infravolgaensis* и *Saracenaria pravoslavlevi*; X — *Lenticulina ponderosa* и *Spirofrondicularia rhabdogonioides*; XI — *Bullopore vivejae*.

натными, глинистыми и алевроито-глинистыми осадками, а на востоке в бассейне р. Адзвы — преимущественно алевроитами и песками. На приведенных диаграммах отчетливо видно изменение систематического состава комплексов для подавляющего числа биостратиграфических подразделений. Иногда, например в нижнем кимеридже, ниже- и средневожских подъярусах, изменения настолько велики, что для этих уровней необходимо выделить параллельных микрофаунистических горизонтов. Непосредственное сопоставление этих горизонтов между собой невозможно, и их корреляция производится благодаря сопутствующим находкам аммонитов. Равным образом сопоставление несходных по систематическому составу, но занимающих аналогичное положение в разрезе комплексов позднепалеозойских брахиопод или ругоз производится путем их привязки к комплексам фузулинид, а корреляция таких же комплексов кайнозойских моллюсков — к комплексам планктонных фораминифер и т. д.

Таким образом, хотя комплексы фауны и соответствующие им биостратиграфические подразделения независимо выделяются по отдельным группам, на практике, как правило, возникает необходимость самой тесной увязки стратиграфических шкал, составленных по разным группам. В этом отношении комплексы, составленные из представителей различных групп, были бы удобнее для практических целей. Однако, как мы видели, такие комплексы малореальны. Поэтому в современной стратиграфии наметилось несколько путей сопоставления комплексов, выделенных по разным группам. Наиболее объективным из них является, конечно, установление истинных соотношений комплексов в разрезе.

Предположим, что в определенной серии разрезов верхнего мела установлена белемнитовая зона А. Средней части этой зоны соответствуют слои с комплексом брахиопод В (рис. 5.66, а). В другой серии разрезов в зоне А установлен комплекс брахиопод С, причем он несколько смещен в нижнюю часть колонки. Несмотря на то что комплексы В и С установлены внутри единого стратиграфического подразделения (зоны А), их корреляция не может считаться бесспорной, поскольку неясно, является ли комплекс С более древним по сравнению с комплексом В или же его смещение вниз по разрезу обусловлено размывом нижней части зоны А. Разумеется, подобные выводы возможны лишь при наличии исчерпывающей информации о фаунистической характеристике разрезов. Значительно чаще биостратиграфу приходится сопоставлять отрывочные данные. Рассмотрим два характерных случая. В разрезе I установлен комплекс фораминифер а. В верхней части разреза обнаружен прослой ракушняка с комплексом аммонитов, указывающих на зону В (рис. 5.66, б). При отсутствии других данных биостратиграф вынужден слои с комплексом а относить к зоне В. Однако не ис-

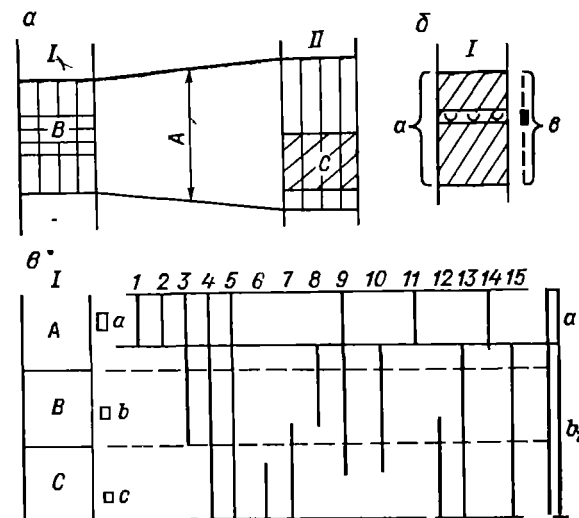


Рис. 5.66. Примеры осложнений при биостратиграфической интерпретации разрезов.

ключено, что при дальнейших исследованиях будут открыты новые уровни с аммонитами и комплекс а окажется соответствующим двум или трем аммонитовым зонам. Таким образом, в этом случае отнесение слоев с комплексом а к зоне В является условным, и эта условность должна быть оговорена при всех дальнейших выводах. Возможны и обратные соотношения: на основании анализа единичных образцов в разрезе установлены три комплекса фораминифер, соответствующие трем аммонитовым зонам (рис. 5.66, в). Действительно, комплекс а охарактеризован видами 1, 2, 1f, 14; комплекс б — видами 9 и 10; комплекс С — видами 6, 7 и 12. Более полный отбор образцов показывает, что стратиграфические диапазоны ряда видов являются значительно более широкими и что в разрезе следует выделять не три, а два комплекса, причем их граница не совпадает с границей зон А и В.

В связи с развитием зональной стратиграфии иногда проявляется стремление отдельных биостратиграфов подменить эмпирически выделяемые комплексы фауны характеристикой тех или иных хроностратиграфических подразделений (ярусов, подъярусов, зон), обычно устанавливаемых по одной-двум группам ортофаун. В целом ряде случаев такие подмены себя оправдывают, так как дают возможность более широкого, хотя и менее строгого, прослеживания хроностратиграфических подразделений. По-видимому, однако, целесообразнее сочетать оба этих направления, т. е. наряду с выделением комплексов парафауны

уточнять и приуроченность тех или иных видов к определенным хроностратиграфическим единицам.

Все рассмотренные случаи относились к прослеживанию комплексов на основании только лишь стратиграфических диапазонов составляющих их видов. Возможна, однако, корреляция комплексов и по количественной оценке некоторых наиболее характерных видов, слагающих эти комплексы. Так, например, широко прослеженные к настоящему времени в верхнеюрских и неокомских отложениях Бореального пояса бухиевые зоны [Захаров, В. А., 1977] устанавливаются в основном по массовым находкам видов-индексов. Таким же образом на более, правда, ограниченные расстояния прослеживаются некоторые комплексы юрских фораминифер, позднемиловых брахиопод и т. п.

Следует, однако, отметить, что, как правило, подобный способ прослеживания фаунистических комплексов имеет значение лишь для сугубо местных корреляций, так как причины резкого возрастания количества экземпляров какого-либо вида настолько многообразны, что трудно предполагать возможность одновременного их совпадения на обширных территориях, относящихся тем более к разным бассейнам. Приведенный пример с бухиевыми зонами поэтому принадлежит к числу немногочисленных исключений. На небольших же расстояниях для корреляции могут использоваться и незакономерные (случайные) увеличения численности особой отдельных видов. Так, на рис. 5.67 показаны изменения по разрезу численности трех видов аммонитов рода *Glochiceras* в верхнем кимеридже Франконии. Как видно из рисунка, эти колебания численности позволяют установить, используя виды с относительно широким стратиграфическим диапазоном, пять очень drobных уровней и проследить их в ряде близко расположенных разрезов.

Метод комплексов помимо основной своей задачи — корреляции отложений — имеет большое значение и для анализа полноты разрезов. Степень преемственности в систематическом составе комплексов является очень хорошим индикатором размывов и перерывов. На рис. 5.68 схематически показано изменение по разрезу состава эоценовых комплексов радиоларий Атлантического океана. Высокая преемственность состава зональных комплексов А и В позволяет говорить о непрерывном разрезе. Анализ подобных соотношений на границе зон В и С указывает на наличие размыва, и, наконец, полное несовпадение состава зональных комплексов С и Е заставляет предполагать наличие перерыва; это действительно подтверждается сравнением со стандартной колонкой: из разреза выпадает зона D.

Эволюционный метод. Под этим термином понимается корреляция, основанная не на присутствии в сравниваемых фаунистических комплексах одинаковых форм, а на уровне эволюционного развития, характеризующего рассматриваемый комплекс или какую-либо группу форм, входящих в состав этого

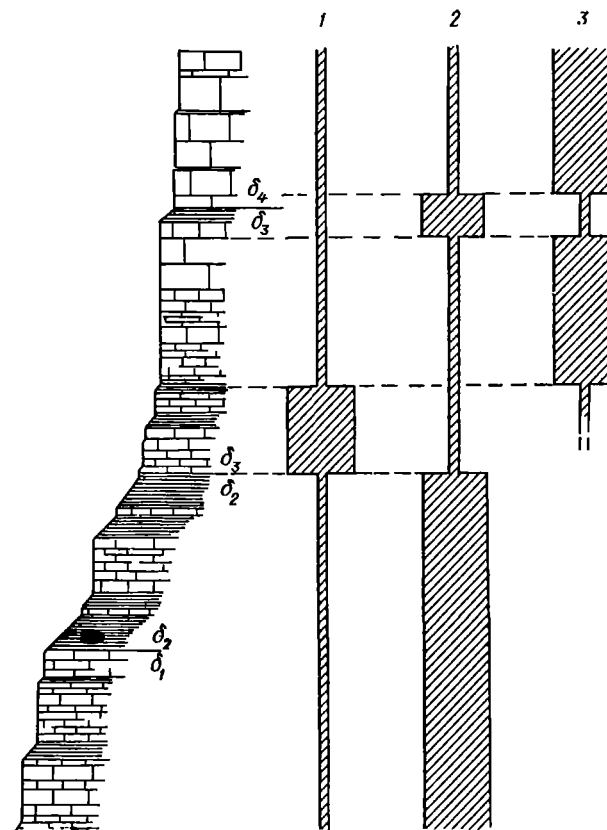


Рис. 5.67. Детализация биостратиграфического расчленения верхнекимериджских отложений юга ФРГ на основании изменения по разрезу количества экземпляров трех видов аммонитов рода *Glochiceras* [Ziegler, 1972].

1 — *G. nimbatum*; 2 — *G. crenosum*; 3 — *G. modestum*.

комплекса. Иначе говоря, корреляция проводится по сходным стадиям развития. Этот метод имеет особое значение для предварительной, прикидочной, корреляции разрезов, при сопоставлении не тождественных, а лишь сходных или подобных по составу фаун далеко отстоящих регионов и основан на установлении закономерностей филогенеза той или иной группы и соотношений между онтогенезом и филогенезом. При этом определяется время появления ряда морфологических признаков, а сами признаки, следовательно, приобретают биостратиграфическое значение.

Примером может служить соответствие крупных этапов развития аммоноидей определенным эратемам и системам: гониатитов — палеозою, цератитов — триасу, аммонитов — юре и мелу.

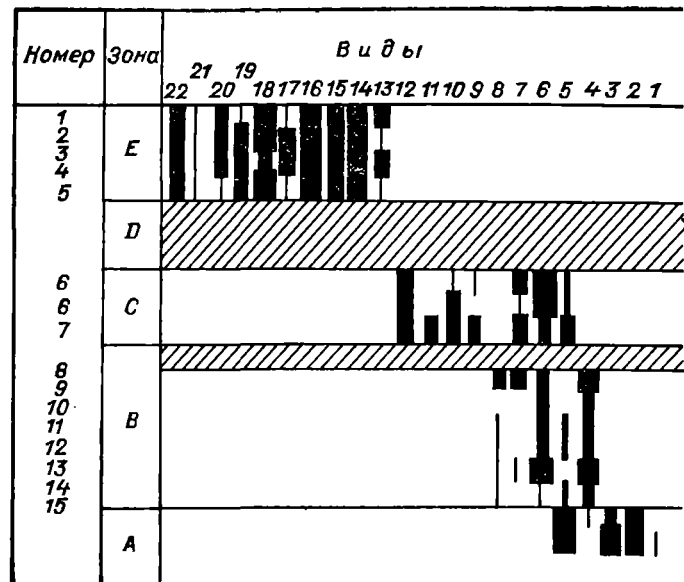


Рис. 5.68. Интерпретация полноты разрезов эоцена Атлантики с помощью анализа преемственности комплексов радиоларий (по Р. Муру [Козлова Г. Э., 1974]).

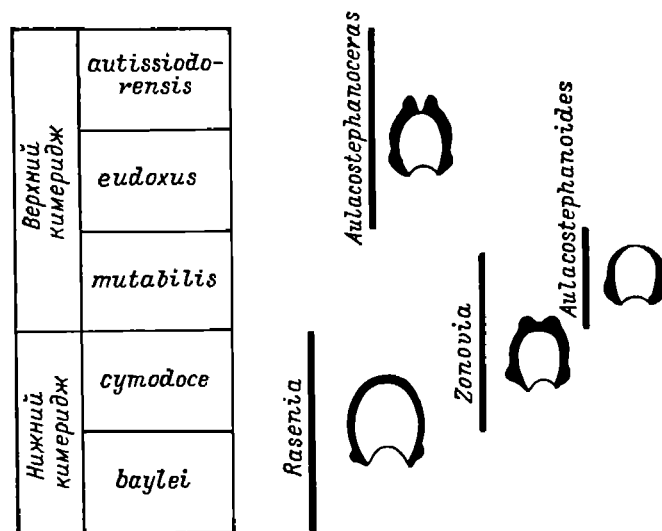


Рис. 5.69. Направленное изменение характера ребристости на наружной стороне некоторых кимериджских аммонитов.

В этом случае характер и степень расчлененности лопастных линий могут быть использованы для установления возраста отложений. В хорошо изученных филогенетических ветвях морфологические признаки могут служить основанием для установления и значительно более коротких временных интервалов и, следовательно, привлекаться для конкретных сопоставлений частных разрезов. Так, эволюция кимериджских аммонитов подсемейства *Aulacostephaninae* идет в направлении постепенного понижения ребер на вентральной стороне с образованием в конце концов гладкой полоски (рис. 5.69). В этом случае возможно установление подъярусов и даже отдельных зон кимериджа исходя из общего вида аммонитов, без предварительного их определения.

Эволюционный метод позволяет в принципе проводить сопоставление частных разрезов и на основании степени выраженности каких-либо признаков. Если, например, установлено, что развитие определенной группы брахиопод характеризуется постепенным направленным уменьшением длины раковины и сокращением числа складок, и если в каком-либо полном разрезе установлены разрывы в этой непрерывной цепи, то находки в других разрезах брахиопод, восполняющих отмеченные разрывы, позволяют сопоставить вмещающие слои с соответствующими «немыми» интервалами исходного разреза с тем большей вероятностью, чем ближе расположены эти разрезы (рис. 5.70).

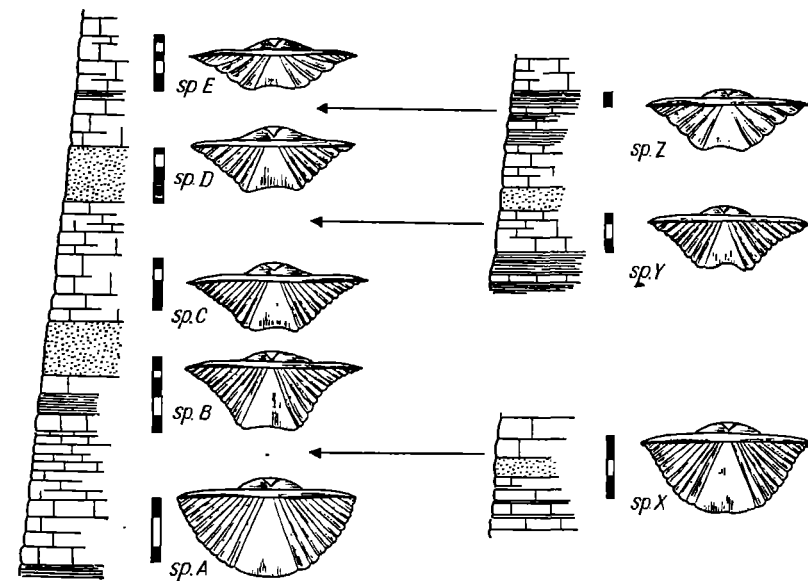


Рис. 5.70. Гипотетическая корреляция разрезов на основании уровня эволюционного развития брахиопод [Ziegler, 1972].

Особенно часто эволюционным методом для стратиграфических сопоставлений пользуются при анализе находок позвоночных. Редкость этих находок, представленных, как правило, единичными экземплярами, сильно ограничивает, а часто и вовсе исключает возможность корреляции по видовому составу комплексов. В то же время в некоторых случаях остатки позвоночных являются основным критерием для корреляции континентальных толщ. Подобный случай представляют пермские и триасовые красноцветные отложения на востоке Русской платформы, в стратиграфическом расчленении и корреляции которых видное место занимают остатки древнейших наземных позвоночных. Известная стратиграфическая схема И. А. Ефремова, основанная на выделении биостратиграфических зон в этих отложениях по низшим тетраподам, в значительной мере базируется на определении геологического возраста по установлению эволюционного уровня представителей сравниваемых фаунистических комплексов.

Использование эволюционного метода в стратиграфии существенно ограничено двумя обстоятельствами. Прежде всего направленные эволюционные процессы редко имеют строго линейный характер. Как отмечалось в предыдущих разделах, даже при наличии вполне определенной тенденции в изменении каких-либо признаков реализация этой тенденции обычно происходит с неоднократными возвращениями к исходному фенотипу. Кроме того, значительно сложнее обычно и взаимоотношение предок — потомок, поскольку почти для каждой группы можно установить время их совместного существования. Возвращаясь к рассмотренным примерам, в частности, необходимо отметить, что цератиты появляются уже в пермском периоде, а аммониты — в триасовом.

С другой стороны, плодотворное использование эволюционного метода в стратиграфии требует весьма детальных и тщательных филогенетических построений, и в частности четкого разграничения филогенетических рядов и так называемых морфологических рядов, т. е., иными словами, разграничения прямых и параллельных филогенетических линий, а также отделения случаев конвергентного развития. Эти задачи часто из-за ограниченности материала представляются неразрешимыми [Майр Э., 1968; Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В., 1966].

Случаи возникновения параллельных родов, близких в морфологическом отношении, но не связанных непосредственными филогенезами, довольно многочисленны. Наиболее известный случай параллельного развития — американский и европейский ряды лошадиных. Необходимо отметить также частое появление сходных признаков у независимо развивавшихся групп, своего рода «моду» на признак. Так, например, две группы аммонитов, наиболее важных для стратиграфии верхов бореаль-

ной юры — *Dorsoplanitinae* и *Craspeditidae* — различаются в первую очередь строением лопастных линий: у *Craspeditidae* лопастные линии значительно менее расчлененные и характеризуются большим числом лопастей в припупковой части раковины. *Dorsoplanitinae* распространены в средневожском подъярусе, а *Craspeditidae* — в верхневожском подъярусе и неокоме. Находка в самых верхах средневожского подъяруса аммонитов рода *Epilaugeites*, лопастная линия которого, сохраняя ряд основных черт, характерных для *Dorsoplanitinae*, в то же время по степени расчлененности близка к линиям *Craspeditidae*, казалось бы, позволяла считать этот род непосредственным предком *Craspeditidae* и давала возможность построения непрерывного филогенетического ряда. Однако более углубленное изучение лопастных линий показало, что на самом деле *Craspeditidae* происходят не от *Dorsoplanitinae*, а от *Virgatitinae* и что первые краспедиты появляются раньше эпилаугеитов.

Подобные случаи конвергенции с асинхронным появлением сходных морфологических стадий — отнюдь не редкое явление, и с ними необходимо считаться при использовании эволюционного метода.

Особенности использования микропалеонтологических объектов для биостратиграфической корреляции. Широкое использование для целей биостратиграфии микропалеонтологических объектов — в первую очередь фораминифер, радиолярий, остракод, кокколитофорид, тинтинид, спор и пыльцы и т. д. — началось сравнительно недавно, немногим более полувека назад. Однако за этот сравнительно короткий промежуток времени биостратиграфические выводы, полученные на основании изучения перечисленных групп, послужили основой для корреляции осадочных толщ многих регионов земного шара. В первую очередь здесь следует отметить закрытые территории, и в особенности нефтегазоносные бассейны Америки, Ближнего Востока, Волго-Уральской области, Западной Сибири и т. д., а также осадочный чехол океанов.

Такое быстрое и плодотворное внедрение микропалеонтологии в стратиграфию прежде всего связано с размерами объектов исследования, которые обеспечивают возможность их находок практически по всему разрезу (для морских организмов — по всему разрезу морской толщи), что имеет особенно важное значение для кернового материала. Поэтому для сопоставления разрезов скважин микропалеонтологический материал представляет наибольшую ценность, так как раковины крупных организмов встречаются в керне сравнительно редко и имеют обычно плохую сохранность, что весьма затрудняет точное их определение. Наконец, часто отдельные находки крупномерных организмов не позволяют использовать их для сопоставления осадочных толщ. Имеется еще одно важное достоинство микропалеонтологических объектов для целей стратиграфии: во

Зоны по аммонитам	Виды фораминифер															Слои
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Д																VI (13, 15)
Г																V (12, 14) IV (9, 11, 12)
В																III (5, 6, 7)
Б																II (2, 4, 5)
А																I (1, 2)

Рис. 5.71. Выделение комплексов фораминифер на основании стратиграфических диапазонов и количества экземпляров отдельных видов (по В. А. Басову [Опорный разрез..., 1969]).

Римские цифры — номера комплексов, арабские цифры в скобках — виды-индексы. Толщина линий пропорциональна количеству экземпляров.

многих случаях они непрерывно распределены по всему разрезу и поэтому биостратиграфические границы, устанавливаемые по изменению комплексов фораминифер, остракод и т. д., являются полностью обоснованными самим палеонтологическим материалом, в то время как дискретное распределение в разрезе крупномерных остатков фауны и флоры зачастую вынуждает исследователей приурочивать биостратиграфические границы к литологическим разделам, конкреционным горизонтам или к тем биостратиграфическим уровням, которые установлены по микрофауне.

Наибольшее значение в биостратиграфии получило сопоставление разрезов по комплексам микрофауны, в первую очередь по комплексам фораминифер. Обычно комплексы фораминифер устанавливаются путем выявления как стратиграфических диапазонов отдельных видов, так и изменения количества экземпляров этих видов по разрезу (рис. 5.71). Очень часто в состав комплекса входит несколько десятков и даже сотни видов. Естественно, учитывать всю эту массу таксонов при биостратиграфических корреляциях невозможно. Обычно для этих целей используется 10—20 наиболее характерных, т. е. наиболее часто встречающихся и обладающих наиболее узким стратиграфическим диапазоном, форм. Однако для

общей характеристики комплекса имеет большое значение и степень его разнообразия, и степень видового разнообразия отдельных семейств. Так, например, комплекс фораминифер, большинство характерных видов которого представлено трудноопределимыми агглютинирующими формами, может содержать разное число видов с известковистой стенкой, причем иногда существенные колебания количества видов, например лентикуллин, может явиться указанием на изменение стратиграфического положения комплекса. Для политаксонных комплексов фораминифер, радиолярий, остракод четкий диагноз, содержащий общую характеристику комплекса и обоснование его отличий от выше- и нижележащего комплексов, является требованием совершенно необходимым. Без выполнения этого требования невозможно ни обоснованное прослеживание комплекса, ни воспроизведение результатов проведенного исследования другими биостратиграфами.

Комплексы микрофауны имеют весьма различное распространение. Ассоциации планктонных фораминифер и радиолярий кайнозой часто прослеживаются в виде поясов, охватывающих весь земной шар. Комплексы бентоса, как правило, имеют значительно меньшую протяженность и приурочены обычно к определенным фаціальным зонам (см. рис. 5.65). Однако известны и чрезвычайно широко распространенные комплексы бентосных фораминифер. Так, установленный Л. Г. Даин на восточном склоне Приполярного Урала позднекемериджский комплекс с *Pseudolamarchina lopsiensis* прослежен на Тимане, в Приуралье, в Западной Сибири и на Южном Таймыре, т. е. на расстоянии почти 2500 км. При этом если на восточном склоне Урала этот комплекс установлен в глинах, то в Притиманье он встречается в глинистых алевролитах, в Приуралье — в алевролитах, а на Таймыре — в глауконитовых песках. Иногда, правда, оказывается, что широко прослеживаются не комплекс, а только отдельные его виды. В этом случае широкие корреляции часто приводят к очень чувствительным ошибкам. Так, например, в начале 50-х годов, когда началось интенсивное изучение разрезов Западной Сибири, средняя часть меловой толщи была отнесена к апту на основании находок нескольких видов, близких к аптским формам Поволжья и Прикаспия. Впоследствии, однако, оказалось, что эта часть разреза датируется от альба до нижнего турона, а нормально-морские аптские отложения в Западной Сибири отсутствуют вообще. В целом наибольшее значение комплексы микрофауны бентоса имеют для сопоставления разрезов в пределах одного бассейна или его части, и здесь они оказываются наиболее эффективными.

Как мы видим, общая процедура выделения и прослеживания комплексов фораминифер, радиолярий, нанопланктона, тинтинид, остракод, конодонтон и т. д. не имеет особой специфики. Разве что необходимость четкой диагностики комплексов здесь

выступает более отчетливо. Несколько иное положение сложилось со стратиграфическим использованием спорово-пыльцевого анализа. Как справедливо отметил В. В. Меннер [1962], палинология имеет самое большое потенциальное значение при биостратиграфическом анализе, поскольку только использование спор и пыльцы в принципе позволяет производить непосредственное сопоставление морских, солоноватоводных и континентальных отложений.

В то же время именно благодаря этой возможности, т. е. благодаря широкому разносу спор и пыльцы ветром, водными потоками, морскими течениями и волнениями, интерпретация данных палинологического анализа имеет свою специфику. Эта специфика возрастает еще более, если учесть многочисленные трудности, возникающие при установлении и определении видовых таксонов спор и пыльцы древних растений.

Палинологический анализ впервые был использован Л. Постом в 1916 г. для изучения торфяников. Анализ пыльцевых спектров позволил ему показать смену во времени лесных сообществ и на этом основании сопоставить отдельные горизонты торфяников. Идеи Л. Поста и В. Н. Сукачева были использованы И. П. Герасимовым [1923], К. К. Марковым [1931] и другими исследователями для анализа четвертичных осадков. Неоднократная смена похолоданий и потеплений, происходившая в четвертичном периоде, обусловила неоднократную же смену растительных сообществ, которая достаточно четко фиксировалась в изменении количественных соотношений различных группировок, составляющих спорово-пыльцевые спектры. Таким образом, использование палинологии для стратиграфии четвертичных отложений было основано, в сущности, на палеогеографическом (климатическом) принципе. Незначительная продолжительность четвертичного периода, контрастность климатических изменений, происходивших за последние 500 тыс. лет, большая вероятность захоронения пыльцы и спор в Подмоскovie в незначительном удалении от продуцирующих их растений, возможность надежного экологического контроля и переработанность четвертичной толщи обусловили корреляцию отдельных горизонтов четвертичной системы не на основании эволюционной смены видов, а путем прослеживания экологических изменений в составе растительности. При таком подходе основная задача палинологов сводилась не к определению отдельных видов, а к подсчету количества зерен по отдельным группам, палеогеографической (климатической) интерпретации полученных данных, выявлению спектров, соответствующих моментам похолоданий и потеплений, и, наконец, к сопоставлению этих спектров по площади.

При переходе к анализу более древних толщ палинологи пошли двумя путями. Специалисты, изучавшие палеозой и верхний докембрий, вынуждены были разработать свою система-

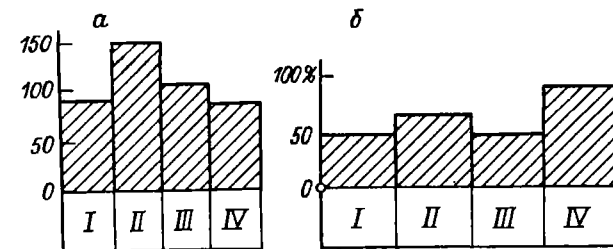


Рис. 5.72. Изменение состава спорово-пыльцевых комплексов угленосных нижнемеловых отложений Хатайгской впадины в зависимости от типов вмещающих пород (по С. А. Чирве).

а — содержание зерен; б — количество образцов, в которых встречена пыльца голосеменных.  
I — глина; II — глина алевроитовая, алевроит глинистый; III — тонкое переслаивание глины и алевроитов; IV — песок глинистый.

тику и сразу стали оперировать при биостратиграфическом анализе видовыми и родовыми таксонами. Для мезо-кайнозоя возможности сопоставления со спорами и пылью современных растений, по крайней мере на уровне семейств и классов, были значительно большими. По-видимому, именно поэтому вместе со стремлением выделять естественные, пусть даже крупные, таксоны на мезо-кайнозой были перенесены и методы стратиграфического анализа, разработанного для уникальных в колонке мезо-кайнозоя четвертичных отложений. Между тем и по геологическим, и по палеогеографическим условиям дочетвертичного времени такой перенос нельзя считать оправданным. Прежде всего продолжительность не только отделов и ярусов, но даже зон неогена—триаса значительно больше всего четвертичного периода. В течение всего времени происходили неоднократные изменения ландшафта и неоднократное перераспределение осадков.

Поскольку в подавляющем большинстве случаев древние толщи являются неоднократно переотложенными и поскольку коррелируются самые разные их фации (от сугубо континентальных до псевдоабиссальных), споры и пыльца выступают в роли мельчайших осадочных частиц. Неудивительно поэтому, что неоднократно отмечалось изменение содержания пыльцевых зерен в разного типа породах (рис. 5.72).

Наконец, различная продуктивность растений [Гричук В. П., Заклинская Е. Д., 1948], различная способность спор и пыльцы к переносу ветром и водными потоками [Красилов В. А., 1972], а также морскими течениями и волнениями [Чибрикова Е. В., 1963; Панов Д. Г., Вронский В. А., 1964] настолько искажают первичный состав спорово-пыльцевых комплексов, что их соотношение с конкретными ландшафтами, а главное, прослеживание на значительные расстояния вызывает большие сомнения. Неудивительно поэтому, что многие палинологи видят главное

Таксоны	Гетманг	Синемюр	Плинсбах	Тур	Аален	Байос	Бат	Келловей	Оксфорд	Кимеридж	Волжский ярус
<i>Auritulinasporites intrastratus</i>											
<i>A. scanicus</i>											
<i>Chasmatosporites apertus</i>											
<i>Classopollis simplex</i>											
<i>Clavatipollenites hughesii</i>											
<i>Contignisporites glebulentus</i>											
<i>C. dunrobinensis</i>											
<i>Corrugatisporites amplexiformis</i>											
<i>Crybelosporites vectensis</i>											
<i>Dictyophyllidites mortoni</i>											
<i>Foveotriletes microreticulatus</i>											
<i>Ischyosporites variegatus</i>											
<i>Kuytisporites lunaris</i>											
<i>Leptolepidites egualibossus</i>											
<i>L. rotundus</i>											
<i>Lycopodiacidites rugulatus</i>											
<i>Manumia irregularis</i> (ident? <i>Triletes minutus</i> )											
<i>Monosulcites cotidianus</i>											
<i>Neoraistrickia truncatus</i>											
<i>Ovalipollis limbata</i>											
<i>Perotriletes zonatoides</i>											
<i>Polycingulatisporites triangularis</i>											
<i>Retitriletes concavus</i>											
<i>Sestrosporites pseudoalveolatus</i>											

Рис. 5.73. Выделение спорово-пыльцевых комплексов в юрских отложениях Северной Норвегии на основании анализа стратиграфических диапазонов видовых таксонов [Birckelund, Thusu, Virgan, 1978].

назначение спорово-пыльцевых спектров древних толщ в различного рода палеогеографических реконструкциях [Гричук В. П., Заклинская Е. Д., 1948]. Действительно, интегральный характер спорово-пыльцевых комплексов, бесспорно, может дать весьма большую информацию о палеоландшафтах [Палеофитогеография..., 1975].

Иногда появление определенных групп позволяет сделать чрезвычайно важные выводы о палеоклиматических изменениях.

Например, появление пыльцы *Glossopolis* в верхнеюрских отложениях на юге Западной Сибири [Палеозойские и мезозойские флоры..., 1972] позволило установить здесь аридизацию климата и т. д.

Для целей же стратиграфии более перспективен переход к выявлению видовых таксонов, изучению их распространения в разрезах и обычной биостратиграфической интерпретации спорово-пыльцевых комплексов. Несмотря на большие сложности в выделении видов, сама методика определения образцов станет при этом существенно менее трудоемкой, а результаты анализов сразу могут быть использованы при конкретных стратиграфических корреляциях (рис. 5.73).

Палеоэкологический метод. Биостратония. В предшествующих разделах мы неоднократно отмечали существенную зависимость большинства фаунистических комплексов от фаций. Это широко распространенное явление — едва ли не основное осложнение при биостратиграфических корреляциях. В конечном итоге зависимость организмов от фациальных обстановок обусловлена их образом жизни, реконструкцией которого занимается палеоэкология. В задачи палеоэкологии входит выявление физико-географических (соленость, глубина, температура воды бассейнов, степень аэрации и т. п.) и биотических (трофические связи, конкуренция, структура биоценозов) параметров существования древних организмов. Эти задачи решаются с помощью комплексного использования результатов литологических, геохимических и палеонтологических исследований. В числе последних большое значение имеют помимо работ по систематике тафономические наблюдения, количественная оценка представителей отдельных видов и экологических групп, изучение явлений комменсализма, выявление симбионтов, анализ эпифаун и т. п. Методика палеоэкологических исследований детально рассмотрена в современной геологической литературе [Геккер Р. Ф., 1957; Захаров В. А., Юдовный Е. П., 1967, 1974; Красилов В. А., 1972; Рауп Д., Стэнли С., 1974; Ager, 1963; Ziegler, 1972; Николов Т., 1977, и др.].

Палеоэкологический метод стратиграфических исследований был предложен Р. Ф. Геккером (1940, 1948 г.) при изучении верхнедевонских отложений Главного девонского поля, а затем нижнекаменноугольных отложений Московской синеклизы. Позднее Р. Ф. Геккер следующим образом охарактеризовал выделенные им подразделения типа шелонского горизонта: «...выделение этих единиц основано не на присутствии форм, свойственных только данной единице, а на изменении количественного состава фауны, а также осадков, отражавших изменения условий осадкообразования и вместе с тем обитания фауны в определенные этапы геологической истории» [Геккер Р. Ф., Осипова А. И., Бельская Т. Н., 1962, кн. 1, с. 105]. Затем Р. Ф. Геккер, А. И. Осипова и Т. Н. Бельская блестяще при-

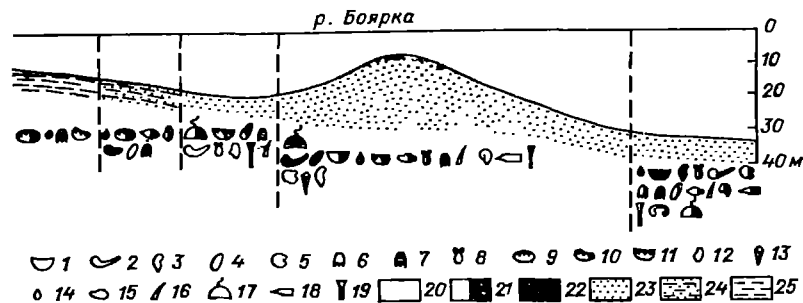


Рис. 5.74. Схема фацального распространения осадков и фауны в раннеготеривском море Хатангской впадины (по В. А. Захарову, Е. Г. Юдовному [1974], с упрощениями).

1 — бореонектесы; 2 — устрицы; 3 — бухии; 4 — моднолузы; 5 — арктотисы; 6 — мелкие пектиниды; 7 — астары; 8 — энтолиумы; 9 — нукуломы; 10 — нукуляны; 11 — параллелодоны; 12 — плевромины; 13 — пинны; 14 — протокардиумы; 15 — танкредии; 16 — скафоподы; 17 — элифауна на раковинах бореонектесов; 18 — белемниты; 19 — трубки пескожилов; 20—22 — распространение окаменелостей; 20 — редко встречающиеся, 21 — часто встречающиеся, 22 — в изобилии встречающиеся; 23 — пески, 24 — алевроиты, 25 — глины.

менили методику палеоэкологических исследований к палеогеновым отложениям Ферганы.

Весьма плодотворным оказалось использование палеоэкологического метода при разработке дробной стратиграфии неогеновых и четвертичных отложений юга СССР. Как указывает Л. Ш. Давиташвили [1948, с. 32], «... не редки случаи, когда мелкие стратиграфические единицы морских или озерно-морских отложений неогена и плейстоцена устанавливаются не на основе появления новых форм или исчезновения ранее существовавших руководящих видов, а по фаунистическим комплексам, которые соответствуют определенным биомическим типам бассейнов».

В последние десятилетия палеоэкологические исследования получили особенно широкое развитие как в нашей стране (работы В. А. Захарова, В. А. Красиловой и многие другие), так и за рубежом [Lowenstam, 1950; Ziegler, Cocks, Bambach, 1968, и т. д.].

✓ Палеоэкологические исследования особенно важны для палеогеографических и палеобиогеографических построений. Однако существенное значение данные палеоэкологии имеют и для стратиграфии. Фациальные изменения часто приводят к тому, что строго đồngовозрастные отложения охарактеризованы существенно различными фаунистическими комплексами, и напротив, отложения заведомо разновозрастные содержат очень близкие или даже тождественные ассоциации фауны. Так, например, нижнеготеривские отложения в бассейне р. Хатанги содержат три существенно различающихся комплекса фауны (рис. 5.74), причем эти различия касаются как систематического со-

става, так и количественных соотношений внутри комплексов [Захаров В. А., Юдовный Е. Г., 1974]. Очевидно, что без выявления приуроченности этих комплексов к определенным одновозрастным фациям их использование для корреляции разрезов окажется невозможным. И напротив, располагая этими данными, геологи могут составлять детальные геологические карты и профили, опираясь на сопоставления с помощью этих, казалось бы, несопоставимых комплексов. С другой стороны, известны случаи неоднократного появления в разрезе сходных ассоциаций бентоса. Б. Н. Шурыгин указывает, например, на четырехкратное появление ассоциации харпаксов в плинсбахских отложениях низовьев р. Анабара. Схема палеоэкологического анализа отдельных фациальных зон, по В. А. Захарову, приведена в табл. 5.5.

Детальные и комплексные палеоэкологические исследования позволяют выявить индивидуальные особенности отдельных слоев и пачек и на этой основе проводить послойную корреляцию близко расположенных разрезов. Естественно, применение для этих целей обычных биостратиграфических методов, основанных на постепенной смене видов, невозможно, так как коррелируемые слои накапливаются часто в течение кратких отрезков времени, несопоставимых по своей продолжительности с временем существования отдельных видов.

На рис. 5.75 показано послойное сопоставление разрезов валанжина р. Боярки (бассейн р. Хатанги). В. А. Захаров и Е. Г. Юдовный [1967] путем анализа литологических особенностей слоев (характер конкреций и включений, тип слоистости, наличие или отсутствие размылов на контакте слоев и пачек, наличие или отсутствие следов жизни) и их палеонтологической характеристики (число видов бентоса, количество экземпляров отдельных видов и их соотношения в слое и т. п.) сумели послойно сопоставить мощные, ритмично построенные разрезы. Предложенная ими методика биостратомических исследований особенно важна для проведения обоснованных стратиграфических корреляций в пределах отдельных многопластовых месторождений нефти и газа. Так, например, мощные продуктивные толщи нижнего мела Западной Сибири весьма скудно охарактеризованы фауной. Эти толщи даже посвитно с трудом сопоставляются биостратиграфическим методом. Однако выявление биостратомических особенностей пластов отдельных месторождений при достаточном количестве каменного материала может дать вполне объективную корреляцию, в настоящее время выполняемую, и не всегда однозначно, только по данным промыслово-геофизических исследований.

Таким образом, палеоэкологический метод в стратиграфии имеет важное значение для сопоставления разнофациальных толщ, для определения границ распространения отдельных комплексов фауны, для оценки возможных возрастных миграций

Таблица 5.5

Сравнительная палеонтологическая и тафономическая характеристика различных зон бассейна (по В. А. Захарову и Е. Г. Юдовному [1974])

Прибрежная мелководная зона	Относительно глубоководная зона
Систематический состав	
1. Разнообразный. Многочисленны бореонектесы, ципринны, танкредни, пинны, модиолусы, брахиоподы, колпачковидные гастроподы, серпулы	1. Обедненный. Резко преобладают бухии, мелкие гладкие эквивектены, высшие ракообразные, аммониты. 2. Присутствуют кокколитофориды. Найдены радиолярии
Тафономия	
1. Характерны ракушняковые скопления и рассеянные по слою разрушенные створки крупных (взрослых) раковин. 2. Часты обломки створок пелеципод и окатанные ростры белемнитов. 3. Преобладают перемещенные (аллохтонные) танатоценозы	1. Преобладают скопления отдельных створок и целых раковин двустворок, находящихся на разных стадиях индивидуального развития. 2. Преобладают непеременные (автохтонные) танатоценозы
Этология	
1. Многочисленны цементно-прикреплявшиеся организмы 2. Преобладают крупные, толстостенные раковины	1. Цементно-прикреплявшиеся отсутствуют 2. Преобладают раковины мелкие, тонкостенные
Экология	
1. Фильтраторы 2. Реофилы 3. Многочисленны теплолюбивые моллюски 4. Присутствуют моллюски, существующие при некотором опреснении 5. Широко развиты явления комменсализма	1. Фильтраторы, хищники, собирающие и заглатывающие детритофаги 2. Нормально функционирующие при некотором дефиците кислорода 3. Эвритермные организмы 4. Стеногалинные организмы 5. Явления комменсализма не отмечаются
Следы жизни	
1. Многочисленные постройки жн-лнца — вертикальные трубки пескожиллов и крупные постройки ризокораллов	1. Только следы питания детритофагов

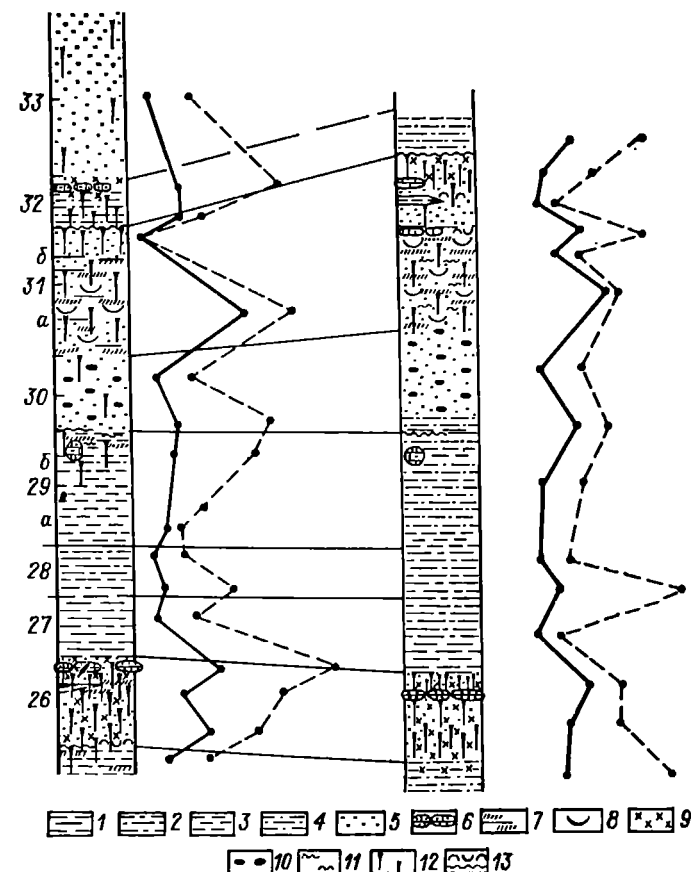


Рис. 5.75. Схема послойной корреляции нижневаланжинских отложений по р. Боярке (Хатангская впадина) (по В. А. Захарову, Е. Г. Юдовному [1967], с упрощениями).

1 — глины; 2 — глинистые алевролиты; 3 — алевролиты; 4 — песчаные алевролиты; 5 — пески; 6 — песчано-алевритистые породы с известковым цементом; 7 — косослоистые породы с прослоями глины; 8 — линзовидные скопления детрита и слюдок; 9 — лептохлориты; 10 — включения глины; 11 — ходы детритофагов; 12 — трубки пескожиллов; 13 — ракушки и следы разрывов; штриховая линия — количественные соотношения видов беспозвоночных; сплошная — количественные соотношения экземпляров в слоях.

комплексов бентоса и, наконец, для послойной корреляции разрезов (биостратомия).

Конечно, все стратиграфические выводы, полученные с помощью палеоэкологического метода, справедливы лишь для строго определенной фациальной зоны, за пределами которой установленные соотношения могут существенно меняться. Поэтому стратиграфические корреляции, основанные на палеоэкологических наблюдениях, справедливы для сравнительно ограниченных территорий. Наибольшее применение эти методы

должны получить при крупномасштабных геологических съемках и при сопоставлениях разведочных скважин, пробуренных на отдельных структурах. Здесь объективная корреляция пластов особенно необходима, так как в конечном итоге она определяет точность подсчета запасов и выбор наиболее рациональной схемы эксплуатации залежи.

Палеогидрологический метод. Н. И. Андрусов, изучая неоген Южной России, обратил внимание, что на территории Понто-Каспийской области в разрезе происходит неоднократная смена фаун четырех типов: нормально-морского, морского, несколько обедненного («эвксинского»), полуморского (сарматского) и понтического. На основании изучения распределения этих типов фаун в разрезах он разработал свою классическую схему стратиграфии южнорусского неогена.

Исследования Н. И. Андрусова были продолжены Б. П. Жижченко, который пришел к выводу, что в Понто-Каспийском бассейне, более или менее изолированном от Мирового океана, усиление или ослабление этой связи приводило к повышению или к понижению солености бассейна и к изменению его температурного режима. В свою очередь подобные изменения самым решительным образом сказывались на составе фаунистических сообществ. Б. П. Жижченко [1958] полагал, что эти изменения состава сообществ достаточно заметны при колебаниях солености 5—10‰ и колебаниях температуры порядка 10°С. Поскольку отмеченные колебания характерны для всего бассейна в целом, оказывается возможным сопоставление совершенно несходных по своему составу комплексов, коль скоро установлена их приуроченность к определенной фазе опреснения или засолонения бассейна. Палеогидрологический метод, предложенный Б. П. Жижченко, является, таким образом, разновидностью палеоэкологического. Однако способы определения палеосолености и палеотемператур еще столь несовершенны, что (даже в условиях таких необычно высоких перепадов, которые постулировал Б. П. Жижченко) несомненно остается возможность для субъективных интерпретаций приуроченности комплексов к тем или иным обстановкам, и это соответственно может приводить к спорным корреляциям.

Обстоятельный разбор стратиграфических построений на основе палеогидрологического метода сделан Г. П. Леоновым [1974]. Мы позволим себе лишь процитировать некоторые его общие выводы: «...представление о гидрологических циклах в той форме, как оно развивается Жижченко, никак, наконец, не затрагивает и соответственно не решает проблемы выявления пространственной (и вертикальной?) изменчивости солености вод бассейна и адекватных им изменений общего типа фауны... Эта проблема решается... путем допущения одновременности и однозначности изменений гидрологического режима на всей площади каждого данного бассейна... Данное допущение, лежа-

щее в основе палеогидрологического метода, однако, ни Жижченко, ни кем-либо другим не было обосновано. Оно не согласуется в то же время с данными о гидрологическом режиме современных водоемов, подобных неогеновым морям Черноморско-Каспийской области» [Леонов Г. П., 1974, с. 240]. Во всяком случае исключительность обстановок, необходимых для применения палеогидрологического метода, и значительность фиксируемых градиентов палеосолености и палеотемператур существенно ограничивают возможности и области его применения.

Количественные методы корреляции. Необходимость учета большого числа таксонов при сопоставлении осадочных толщ и стремление к объективной оценке комплексов заставили биостратиграфов обратиться к различного рода статистическим оценкам состава фаунистических и флористических комплексов. Впервые подобный подход к анализу фауны применил Ч. Лайель. Производя в 1833 г. расчленение третичных отложений, он основывался на изменении процентного содержания в них современных форм моллюсков. Ч. Лайель отнес к эоцену слои, содержавшие 3% ныне живущих видов, к миоцену — слои, охарактеризованные 17%, и к плиоцену — 50—67% современных форм.

В 30—40-е годы текущего столетия получил некоторое распространение так называемый процентно-статистический метод, суть которого сводится к подсчету в каком-либо комплексе процента форм, занимающих разное стратиграфическое положение (транзитных, встречаемых только в данном комплексе и т. п.) и встречаемых в разных районах. Так, например, С. В. Семихатова [1948, с. 145] при анализе комплекса верхнепанникских слоев Донской Луки отмечала: «Всего из верхнепанникских слоев в настоящее время известно 66 видов брахиопод, среди них 29 видов являются общими с фауной Подмосковского бассейна. Из этих 29 видов 4 вида имеют большое вертикальное распространение, 5 видов встречаются в мячковском и тегулифириновом горизонтах под Москвой, 2 вида только в тегулифириновом горизонте и 16 видов, т. е. больше 50%, принадлежит к фауне омфалотрохового горизонта... Это дает твердое основание для отнесения рассматриваемого комплекса брахиопод к омфалотроховому времени». Конечный вывод автора сомнений не вызывает, но разумеется, вовсе не потому, что 16 видов из 66 известны в каком-то определенном горизонте Подмосковья. Как уже неоднократно отмечалось, значение отдельных таксонов, составляющих комплекс, неравноценно, и, несомненно, такой выдающийся знаток карбона, как С. В. Семихатова, учла эту неравноценность при заключении о возрасте. Произведенные же ею статистические выкладки в лучшем случае могут быть привлечены лишь в качестве дополнительных соображений. Процентно-статистический метод, таким образом, не учитывает

диагностические особенности комплекса и потому, естественно, не получил широкого распространения.

Более плодотворным оказалось сравнение комплексов на основании предложенного Г. Симпсоном [Simpson, 1947] коэффициента сходства  $R = (C/N_1) \cdot 100$ , где  $C$  — число видов, общих для двух комплексов;  $N_1$  — число видов в меньшем комплексе, а также с помощью коэффициента общности Ч. Лонга [Long, 1963]  $R = C(N_1 + N_2) / (2N_1 N_2)$  ( $C$  — число видов, общих для обоих комплексов;  $N_1$  и  $N_2$  — число видов соответственно в меньшем и большем комплексах) и ряда аналогичных индексов

Таблица 5.6

Коэффициенты сходства для некоторых горизонтов верхней юры севера СССР

Зональные уровни	Бассейн р. Печоры — Приполяр- ный Урал	Приполяр- ный Урал — Таймыр	Таймыр — низовья р. Лены
Crendonites spp. — excentricus — sachi—maximus	0,80	0	0,25
pseudoscythicus — lideri — pectinatus	0	0,48	0,63
autissiodorensis — taimyrense	0,50	0,25	
eudoxus	0,50	0	
borealis		0,68	
involuta		0,60	

[Cheetham, Hazel, 1969]. Несмотря на всю свою формальность (так, например, коэффициент сходства комплексов аммоноидей некоторых горизонтов тоара Англии и Якутии равен 100%, в то время как эти комплексы имеют коренные отличия по разнообразию и структуре), в ряде случаев их использование дает интересные результаты. Так, вычисление коэффициента сходства Симпсона для некоторых зон кимериджского и волжского ярусов севера СССР (табл. 5.6) показало, что все его значения могут быть разделены на две группы: от 0 до 0,3 и от 0,5 и выше. Значения первой группы определенно указывают на то, что сравниваемые фауны характеризуют разные, хотя и одно-возрастные, зоны, значения второй группы позволяют говорить о едином зональном комплексе.

В целом, однако, вычисления различных коэффициентов имеют значение скорее для палеобиогеографического, а не биостратиграфического анализа.

Совершенно иначе подошел к применению статистических оценок при биостратиграфическом анализе А. Шоу [Shaw, 1964]. Он исходил из того, что в направлении трансгрессий происходит изменение возраста литологических тел и что поэтому

натуральным надежным основанием для корреляции разрезов является распространенная в них фауна. При этом наиболее важными для корреляции являются моменты появления и исчезновения видов в разрезе. Еще одним важным допущением является то, что каждый вид в центральной части бассейна имеет постоянный стратиграфический диапазон.

Сама корреляция проводится на графике, по оси абсцисс которого откладывается мощность одного сопоставляемого разреза, а по оси ординат — другого. Затем на график наносятся точки, отвечающие моментам появления и исчезновения ряда общих для этих разрезов видов. Ясно, что если мощности в обоих разрезах одинаковы, то график будет иметь вид прямой, наклоненной к осям под углом 45° (рис. 5.76). Если в одном из разрезов осадконакопление происходит быстрее, чем в другом, то график будет отклоняться к соответствующей оси тем больше, чем контрастнее разница в скоростях осадконакопления (рис. 5.77). Обычно разница в скоростях осадконакопления не является постоянной, а неоднократно меняется в течение рассматриваемого временного интервала. Соответственно на графике каждая такая смена будет давать перелом прямой и сам график преобразуется в ломаную линию (рис. 5.78). Наконец, вполне вероятно, что времени накопления осадков в одном разрезе будет отвечать перерыв в другом. В этом случае на графике будут появляться горизонтальные или вертикальные площадки (рис. 5.79).

Сам график позволяет, в сущности, без расчленения сопоставлять любые интервалы разрезов. Конечно, на всех графиках полностью достоверны только точки, отвечающие каким-либо выбранным событиям (появлению или исчезновению видов). Всем остальным точкам будут соответствовать приближенные корреляции, поскольку ход осадконакопления между двумя событиями графиком не учитывается. Очевидно, однако, что эта ошибка не может превышать расстояния между двумя событиями.

Не всегда, особенно при корреляции разрезов с многочисленными перерывами, можно правильно расположить в колонке порядок событий. Поэтому, развивая представления А. Шоу, У. Хэй [Hay, 1972] предложил систему расчетов, позволяющую с наибольшей вероятностью восстанавливать естественную последовательность событий.

Метод, предложенный А. Шоу, подкупает своим изяществом, он дает огромные возможности для самых разнообразных корреляций. Тем не менее практическое его использование весьма затруднено. Прежде всего целый ряд допущений, без которых невозможны все последующие построения, является в известной мере произвольным и потому часто не реализуется в частных разрезах. Главное же — это необходимость исчерпывающей характеристики разрезов, которая полностью бы гарантировала

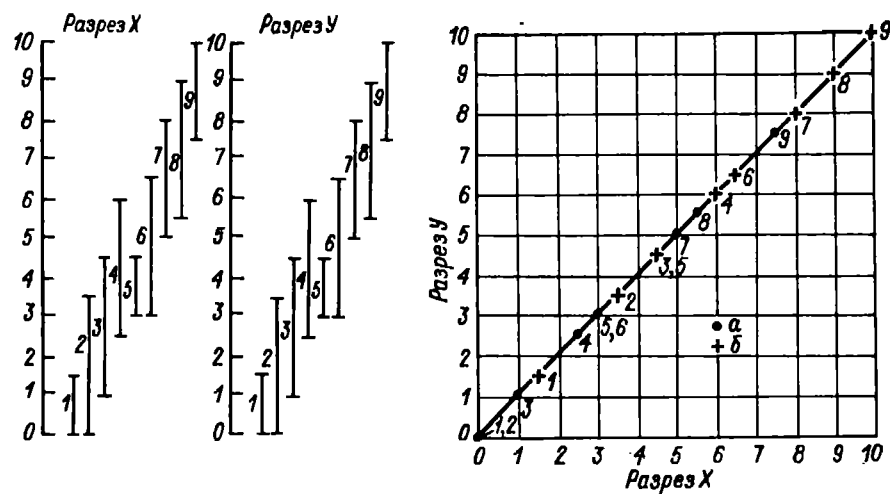


Рис. 5.76. Корреляция разрезов X и Y (по А. Шоу [Shaw, 1964]).  
а — появление, б — исчезновение таксона; цифры — номера видов. Скорость осадконакопления в обоих разрезах одинакова.

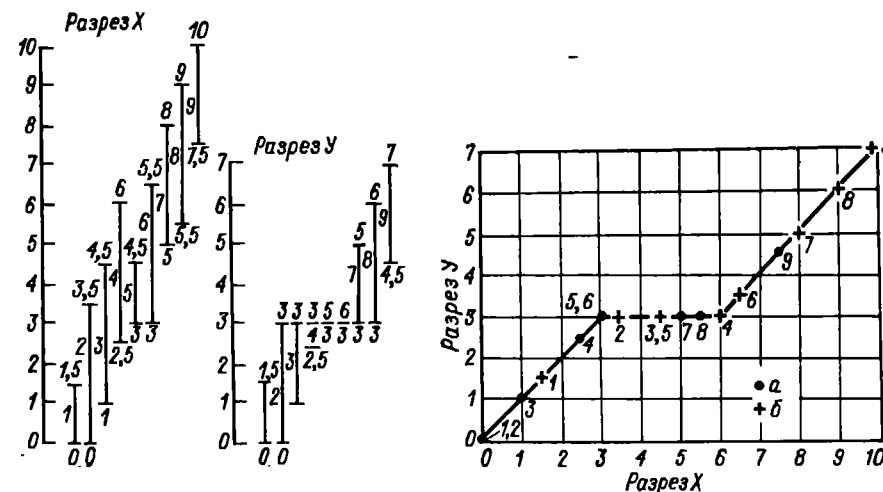


Рис. 5.78. Корреляция разрезов X и Y (по А. Шоу [Shaw, 1964]).  
В разрезе Y имеется перерыв, соответствующий слоям 4—6 разреза X.

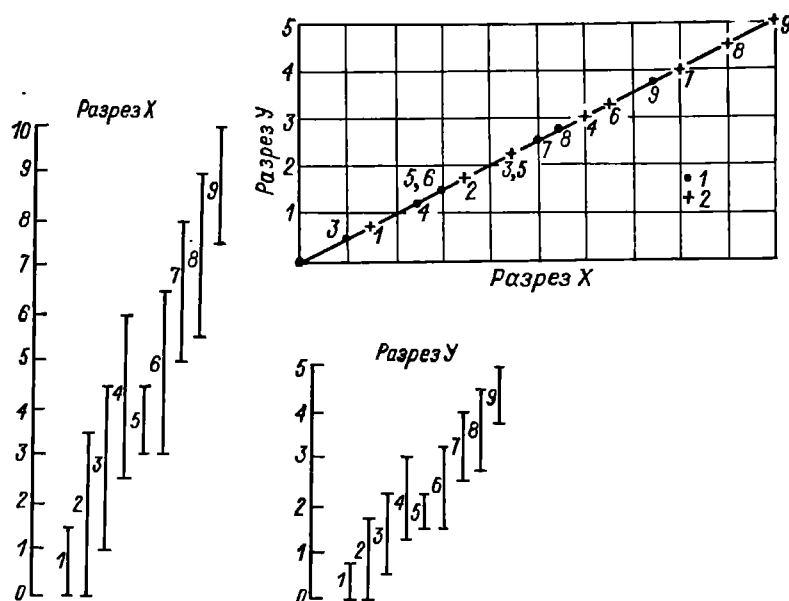


Рис. 5.77. Корреляция разрезов X и Y (по А. Шоу [Shaw, 1964]).  
Скорость осадконакопления в разрезе X вдвое больше, чем в разрезе Y.

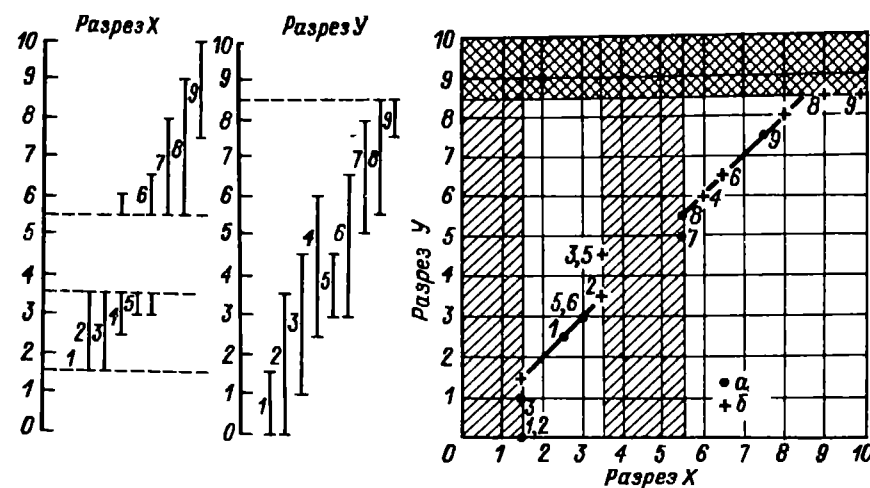


Рис. 5.79. Корреляция разрезов X и Y (по А. Шоу [Shaw, 1964]).  
В разрезе X выявлено два перерыва, в разрезе Y — один перерыв.

точное определение всех событий. Любая ошибка в регистрации появления или исчезновения рассматриваемых видов ведет к заведомо неверным корреляциям.

### 5.2.6. Биостратиграфическая датировка осадочных толщ

Под датировкой осадочных образований понимается определение возраста слоев в любом регионе в геохронологических единицах общей шкалы и выделение здесь стратиграфических подразделений этой шкалы. В операционном плане под датировкой понимается сопоставление любого частного разреза со стандартной колонкой общей стратиграфической шкалы. Таким образом, датировка представляет собой определенную, но специфическую разновидность корреляции. Эта специфика заключается в прослеживании не любых изохронных уровней, а только некоторых, заранее установленных, являющихся границами стандартных подразделений общей шкалы.

Строго говоря, как это следует из определения, датировка включает две неравноценные операции. Первая состоит в констатации присутствия в изученном разрезе отложений какой-либо системы или какого-либо отдела, яруса и т. п. Такая информация чрезвычайно важна сама по себе, особенно на первых этапах изучения региона. Однако по мере накопления стратиграфических данных простой фиксации развития в изучаемом регионе определенных подразделений общей шкалы становится недостаточно. Это обстоятельство обусловлено, с одной стороны, детализацией разреза, когда возникает необходимость датировки все более дробных его частей, а с другой — потребностью во все более тщательных корреляциях местных стратонив. Очень часто такие корреляции возможны лишь путем прослеживания наиболее дробных подразделений общей шкалы — ярусов, подъярусов и зон (и их аналогов). Поэтому весьма скоро возникает потребность выделения соответствующих подразделений общей шкалы, т. е. определение границ отделов, ярусов, зон в конкретных разрезах, как правило, расположенных в значительном удалении от стратотипических районов. Таким образом, как это уже неоднократно отмечалось в отечественной литературе [Егоян В. Л., 1969; Месежников М. С., 1969], следует различать установление и выделение каких-либо подразделений общей шкалы в частных разрезах.

Несмотря на специфичность различного рода геологических событий, присущих каждому периоду или каждой эпохе, эти события, как правило, не являются, по крайней мере в явной форме, общепланетарными [Яншин А. Л., 1973]. Поэтому объемы и границы подразделений общей шкалы возможно в достаточной мере объективно определять лишь исходя из их палеонтологической характеристики [Соколов Б. С., 1971; Шиндewolf О., 1975]. Естественно поэтому, что и датировка осадоч-

ных толщ возможна практически лишь на основе методов биостратиграфического анализа.

Задача датировки сводится, как уже отмечалось, в конечном итоге к прослеживанию некоторых заранее заданных биостратиграфических границ. Как правило, в стратотипических районах эти границы устанавливаются по какой-либо определенной группе фауны, и поэтому, строго говоря, датировка осадочных толщ любого региона должна производиться по этой же группе фауны, поскольку в общем случае границы, устанавливаемые по разным группам, не совпадают. Действительно, наиболее совершенные датировки осадочных толщ обязаны именно такому методу прослеживания границ подразделений общей шкалы. Наиболее ярким примером являются мезозойские отложения, а также некоторые системы палеозоя и (в последнее время) кайнозоя. Однако при всей очевидности этого положения его реализация часто оказывается практически невыполнимой. Прежде всего, не всегда однозначной бывает биостратиграфическая характеристика стандартных подразделений общей шкалы.

Так, например, ярусные подразделения ордовика и силура были установлены по смене брахиопод, а зональные подразделения, по которым в настоящее время устанавливаются все границы, разработаны на совсем других разрезах по граптолитам. Основные подразделения палеогена и неогена установлены по смене комплексов моллюсков, в то время как современный общепринятый зональный стандарт разработан на разрезах Карбского бассейна по планктонным фораминиферам. Стратотипические разрезы среднего — верхнего карбона и перми в значительной степени сложены неморскими отложениями и т. п. Иначе говоря, существуют известные противоречия в самой структуре общей шкалы. Далее, как правило, в силу зоогеографической дифференциации, комплексы ортофаун из стратотипических районов существенно изменяются по мере удаления от этих районов, что обуславливает значительные затруднения при датировках, преодолеваемые с известным приближением лишь с помощью промежуточных разрезов, которые позволяют более или менее точно оценить, насколько эти изменения совпадают во времени. Поэтому необходимо отметить, что, по существу, строгая датировка осадочных толщ является очень сложной задачей и по большей части осуществляется лишь приближенно.

Это положение в первую очередь относится к закрытым территориям, а также к обнаженным районам, в которых лишь изредка встречаются представители тех ортогрупп, которые положены в основу выделения и расчленения соответствующих систем. Так, например, на рис. 5.80, а показано выделение подъярусов  $B_1$  и  $B_2$  в районе, достаточно удаленном от стратотипического. В последнем зональное деление этих подъярусов разработано на разрезах, богато охарактеризованных ортофауной, по смене комплексов которой и установлены все границы.

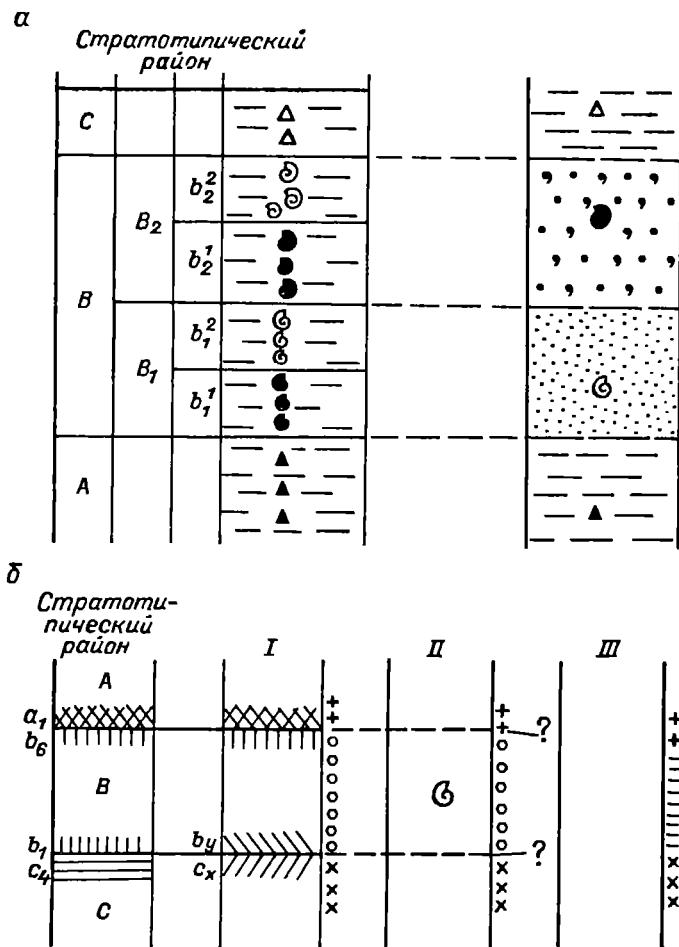


Рис. 5.80. Принципиальная схема датировки осадочных толщ.

В удаленном разрезе *I* встречены лишь единичные формы, характерные для подъярусов  $B_1$  и  $B_2$ , а также для подстилающих и покрывающих отложений. В том случае, если каждая из этих находок приурочена к литологически разнородным пачкам, у геологов не будет другого выхода, кроме как отнести, например, пачку глауконитовых песков к подъярису  $B_2$ , пачку кварцевых песков к подъярису  $B_1$ , а подстилающие и перекрывающие глины соответственно к ярусам *A* и *C*. Конечно, подобное совмещение хроностратиграфических единиц с литологическими разделами является вынужденным, а соответствующие датировки окажутся более или менее приближенными.

Часто в силу отмеченных причин даже такая приближенная корреляция со стандартной колонкой недостижима из-за спе-

цифики палеонтологического материала. Так, например, на севере Сибири, Северо-Востоке и Дальнем Востоке СССР среднеюрские отложения, за исключением самой верхней части, содержат лишь единичные остатки аммонитов. В этих отложениях установлены, однако, последовательно сменяющие друг друга разрезу комплексы иноцерамид. Некоторые из этих комплексов встречаются совместно с аммонитами, причем до сих пор не известно ни одной противоречивой датировки иноцерамовых комплексов. Иначе говоря, в пределах рассматриваемой территории с большой долей вероятности можно полагать, что комплексы иноцерамид характеризуют биостратиграфические подразделения с изохронными границами и что эти подразделения могут привлекаться для прослеживания ярусов и подъярусов общей шкалы. Таким образом, мы приходим к неизбежному выводу о большом значении парафаун для практической датировки осадочных толщ.

На рис. 5.80, *б* показана принципиальная схема таких датировок. В серии типовых разрезов установлены границы яруса *B*, которые проводятся соответственно между зонами  $a_1/b_6$  и  $b_1/c_4$ . В регионе *I* верхняя граница яруса *B* также устанавливается между зонами  $a_1/b_6$ , нижняя же часть яруса *B* и верхи яруса *C* охарактеризованы другой фауной, однако с помощью промежуточных разрезов выяснено, что зона  $c_x$  одновозрастна зоне  $c_4$ , а зона  $b_y$  — зоне  $b_1$ . Поэтому в регионе *I* ярус *B* выделяется достаточно строго. В регионе *II* найдены лишь единичные формы ортофауны яруса *B*. Однако в разрезе отмечается последовательная смена трех местных биостратиграфических подразделений, к среднему из которых приурочены эти находки. С значительной долей условности ярус *B* может быть выделен и в этом регионе. Наконец, в регионе *III* установлен только ряд комплексов парафауны. Выделение здесь яруса *B* будет необоснованным, особенно если эти комплексы существенно отличаются, например, от комплексов региона *II*.

Тем не менее из сказанного нельзя сделать вывод о том, что сами по себе комплексы парафауны не могут привлекаться для датировки осадочных толщ. Прежде всего необходимо учитывать точность датировки. Установление систем, отделов, а иногда и ярусов в любом регионе не может производиться с помощью одних парагрупп. Ярусы главным образом, а более дробные подразделения исключительно могут устанавливаться лишь с учетом ортостратиграфических фаун. Иначе обстоит дело с выделением подразделений общей шкалы в конкретных разрезах, когда возникает необходимость четкой фиксации границ. В этом случае прямое или опосредствованное привлечение данных по ортогруппам необходимо.

Одной из наиболее характерных ошибок, свойственных в первую очередь отечественным биостратиграфам, является очень нестрогий подход к вопросу датировок. Часто можно читать,

например, что палинологи, выделив в какой-либо толще ряд последовательных комплексов, тут же присваивают им ярусные индексировки и в литературе появляются «спорово-пыльцевой комплекс аалена», «спорово-пыльцевой комплекс келловей» и т. п. Если учесть, что большей частью такие индексировки получают комплексы из неморских толщ, становится очевидной неправомерность такого вольного подхода к наиболее ответственным биостратиграфическим выводам. Основной вред таких датировок заключается даже не столько в их произвольности, сколько в отвлечении определителей от главной задачи изучения парагрупп — разработки надежных критериев местной и региональной корреляции.

Другой распространенной ошибкой, также преимущественно свойственной отечественным биостратиграфам, является стремление «подтвердить» границы подразделений общей шкалы несколькими, зачастую резко неравноценными группами фауны. Так, например, встречаются заключения, в которых отмечено, что «находка оксфордского аммонита не противоречит возрасту отложений, установленному по комплексу фораминифер» или что «верхняя граница олигоцена подтверждена помимо гастропод также комплексом остракод» и т. п. Между тем из всего сказанного совершенно очевидно, что в первом случае противоречия между определениями аммонита и фораминифер просто не может быть, поскольку возраст отложений верхней юры устанавливается *только* по аммонитам, а фораминиферы привлекаются для прослеживания подразделений, установленных по этой важнейшей ортогруппе. Во втором случае совпадение верхних границ комплексов гастропод и остракод никак не может явиться основанием для более надежного установления кровли олигоцена, поскольку граница олигоцена и миоцена определена путем анализа стратиграфических диапазонов совсем других групп. Более того, часто подобные совпадения в распространении различных групп фауны указывают просто на значительный перерыв в разрезе и, следовательно, рекомендуемые границы заведомо не совпадают со стратиграфическими уровнями, установленными в непрерывных колонках.

Как следует из сказанного, практически биостратиграфическая датировка осадочных толщ основана на совместном использовании орто- и парастратиграфических групп. Задача биостратиграфа состоит в разумном сочетании данных по этим группам и в критической оценке точности полученных выводов.

### 5.2.7. Периодичность и этапность в развитии организмов и значение этих явлений для стратиграфии

В развитии органического мира в целом и отдельных групп и филумов наблюдается две категории явлений — периодичность и этапность. К первой относятся периодические измене-

ния численности популяций и специфики формообразования, связанные обычно с положением в седиментационном цикле. Явления этапности отражают общий ход эволюционного развития и не всегда имеют отчетливо выраженную периодичность, проявляясь главным образом в возникновении переломных моментов филогенеза и изменении темпов эволюционного процесса.

Оба эти явления нередко смешиваются и в качестве этапности в литературе нередко фигурируют явления периодичности развития. Явления периодичности и этапности давно привлекают к себе внимание, но лишь в последнее время они стали использоваться для целей стратиграфического расчленения и корреляции.

В настоящее время, как считают многие исследователи, можно говорить о «методе этапности» в стратиграфии при разработке стратиграфических шкал.

Периодичность в развитии фауны впервые была установлена и изучена на материале замкнутых и полужамкнутых бассейнов, где она проявляется с наибольшей отчетливостью. Классическими в этом отношении примерами являются неогеновые бассейны Паратетиса, где периодичность изменений солевого режима нашла яркое выражение в периодичности развития населявших их фаун.

Характерным примером периодичности в развитии организмов служит изменение фаунистической характеристики слоев в крупных седиментационных ритмах. На рис. 5.81 проведен разрез одной из пенсильванских циклотем Канзаса, охватывающей всю гамму осадков от начала трансгрессии до установления континентального режима. В соответствии с изменениями обстановок осадконакопления меняется и состав обитавшей в этих обстановках фауны. Так, сланцы слоя 6 охарактеризованы морскими прибрежными беспозвоночными, в известняках слоя 7 фауна указывает на зону моря, переходную от прибрежной к открытому морю, слой 8, знаменующий максимум трансгрессии, содержит фауну открытого моря, комплекс слоя 9 аналогичен комплексу слоя 7 (начало регрессии), сланцы слоя 10 содержат прибрежную фауну, а водорослевые известняки слоя 11 включают уже прибрежных и солоноватоводных беспозвоночных.

В последнее время явления периодичности были обстоятельно изучены на примере позднелавозойских фораминифер. Выявление периодичности в развитии отдельных групп организмов и целых фаун отдельных бассейнов позволяет с успехом использовать эти явления для разграничения этапов развития отдельных участков земной коры, а следовательно, и для стратиграфического расчленения разрезов осадочных толщ и их корреляции. Таким образом, явления периодичности развития заслуженно получили признание как весьма важный критерий

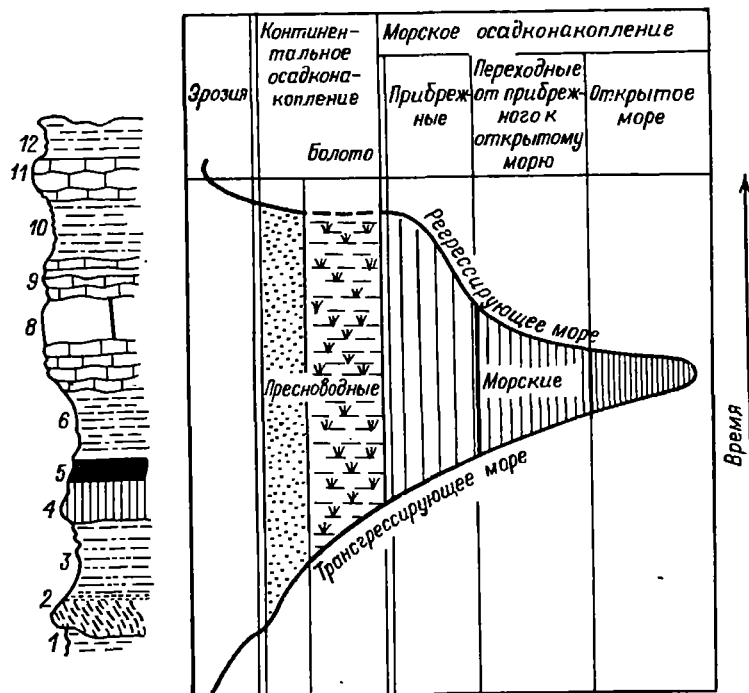


Рис. 5.81. Схема, иллюстрирующая изменение палеонтологической характеристики отдельных слоев в зависимости от их положения в цикле осадконакопления (по Р. Муру [Степанов Д. Л., 1958]).

для разработки региональной стратиграфии. Однако уже в обширных открытых эпиконтинентальных бассейнах явления периодичности улавливаются с трудом, и здесь можно выделить лишь наиболее крупные фазы развития. Еще менее отчетливо выступает периодичность в океанических бассейнах. Поэтому синхронизация стратиграфических рубежей, установленных на основе периодичности развития фаун отдельных бассейнов, связана с большими и часто непреодолимыми, по крайней мере в настоящее время, трудностями.

Поэтому периодичность, по-видимому, не может быть применена для определения объема и границ хроностратиграфических подразделений общей шкалы. Здесь на первый план выступают явления собственно этапности в узком понимании этого термина, к рассмотрению которых мы и переходим.

Этапность развития органического мира в целом и эволюции отдельных филумов принципиально отличается от периодичности. Она представляет собой явление планетарное, которое не следует смешивать, как это часто имеет место в литературе, с последовательной сменой комплексов в разрезах отдель-

ных областей. Этапность развития отдельных групп устанавливается прежде всего на филогенетической основе с учетом мирового распространения соответствующей группы. Переломные моменты в филогенезе группы и являются основным критерием выделения и разграничения отдельных этажей ее эволюции. Вторым критерием могут служить изменения темпов эволюции группы.

Так, например, М. А. Пергамент [1967] различает два этапа в развитии юрско-меловых иноцерамид (рис. 5.82), причем каждый этап включает фазы становления, расцвета и спада. Очень интересна зависимость фаз спада от биотических соотношений в комплексах. М. А. Пергамент отмечает, например, соответствие спада видообразования иноцерамид в поздней юре — раннем мелу расцвету бухий. В последнее время В. А. Захаров еще более уточнил это положение, доказав взаимное вытеснение иноцерамов и бухий в одновозрастных отложениях.

Явления этапности в указанном понимании были наиболее полно изучены на материале позднепалеозойских фораминифер. Данные по этому вопросу с наибольшей полнотой были обобщены в последнее время Е. А. Рейтлингер [1970] и М. П. Соловьевой [1966].

На основе этих материалов могут быть сформулированы следующие общие положения, характеризующие явления этапности.

1. Этап представляет собой определенное звено эволюции таксонов, имеющих общее происхождение и присущие им направления и темпы развития.

2. Этапы обычно распадаются на три более или менее отчетливые эволюционные стадии: 1) становления или медленного и постепенного развития; 2) адаптивной радиации или расцвета; 3) вымирания и появления новых элементов, характерных для следующего нового этапа.

3. Рубежи этапов и подчиненных им стадий определяются обычно ароморфными преобразованиями различного масштаба, в то время как в пределах отдельных этапов и стадий эволюция протекает преимущественно инадаптивно.

4. Темпы эволюции по этапам и в пределах их неравномерны; они обычно нарастают в первую половину этапа и снижаются к концу его.

Таким образом, критерии, положенные в основу выделения этапности и периодичности, различны. Однако, как уже отмечалось выше, нередко приходится встречаться со смешением этих понятий. Так, некоторые авторы допускают возможность повторений эволюционных этапов в связи с цикличностью осадкообразования. Еще один заслуживающий внимания аспект проблемы этапности развития организмов — это вопрос о причинах, ее вызывающих. Большинство авторов, рассматривающих

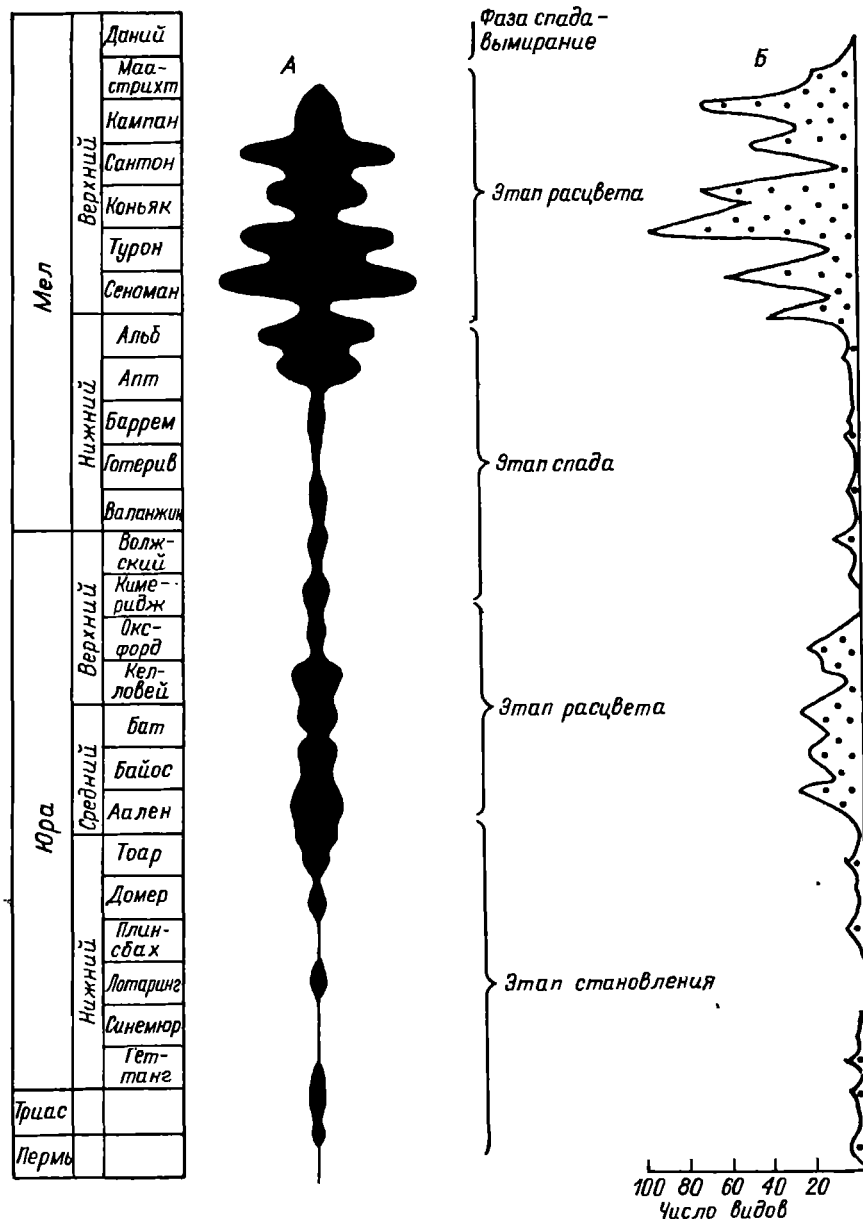


Рис. 5.82. Схема этапно-фазового характера развития наноцермид [Пергамент М. А., 1967].

А — распределение наноцермид в мезозое (по числу видов), Б — кривая видообразования наноцермид.

этот вопрос, справедливо признавая невозможность объяснения этапности факторами, обуславливающими периодичность развития, предполагают существование каких-то других более могущественных, но пока нераспознанных факторов внешней среды. Однако возможен и другой подход к решению проблемы причин этапности эволюционного процесса.

Присущее всем живым системам свойство развития имеет два аспекта. Первый — индивидуальное развитие организмов (онтогенез), второй — изменение поколений на протяжении геологической истории, или филогенез. Существенная черта онтогенеза, отличающая его от филогенеза, заключается в его значительной запрограммированности. Однако, как указывает В. Ф. Сержантов, это отличие не является абсолютным, поскольку программа развития свойственна и филогенезу. Эволюция в целом является биологическим атрибутом. Она представляет собой проявление законов временной организации надиндивидуальных биологических систем вплоть до биосферы в целом. Законы эволюции детерминированы самой природой живого. В. И. Вернадский один из первых близко подошел к системной концепции биологической эволюции, ее глобальной обусловленности и космической детерминации. «Твари Земли являются созданием сложного космического процесса, необходимой и закономерной частью стройного космического механизма, в котором, как мы знаем, нет случайности» — так писал он еще в 1926 г. в своей «Биосфере» (с. 10). Далее (с. 30—31) В. И. Вернадский говорит о присущей жизни ее внутренней энергии. Эти высказывания В. И. Вернадского переплетаются с современными представлениями о едином процессе развития всей биосферы, в котором условия создаются самим ходом развития. Обращение философов и биологов к телеостатическому принципу связано с признанием того, что организм и их сообществам «присущи различные способы, законы, механизмы, управляющие целями их жизни, целесообразностью структуры и развития» [Сержантов В. Ф., 1972, с. 193].

Сказанное свидетельствует о необходимости преодоления ставшей «привычной» реактологической концепции, согласно которой организм способен только на пассивную реакцию на изменение среды.

Этот небольшой экскурс в область методологических проблем биологии должен показать, что явления этапности эволюционного процесса не обязательно следует рассматривать только как отражение каких-то внешних процессов. Последние, накладываясь на развивающийся по собственным закономерностям эволюционный процесс, могут осложнить картину этапности, но не обусловить ее возникновения. В этом можно видеть главное принципиальное отличие явлений этапности от периодичности развития, которая обусловлена прежде всего периодичностью изменений окружающей среды.

Таким образом, этапность развития организмов не является прямым отражением необратимой этапности в развитии земной коры, которая в сочетании с чертами повторяемости (периодичности), по словам Б. С. Соколова [1971], «представляет едва ли не самую яркую особенность в развитии геологических процессов на Земле». Однако, как указывает тот же автор, «этапность развития органического мира — важнейшее, но совершенно особое явление».

В отличие от представлений ряда исследователей, считающих, что границы этапов развития различных групп совпадают во времени и могут служить естественными границами хроностратиграфических подразделений [Мейнер В. В., 1962; (А. П. Ротай, 1951, 1960 гг.)], весь мировой опыт стратиграфии свидетельствует о том, что такое совпадение в действительности встречается скорее как исключение, чем как правило. Это становится вполне понятным, если признать, что развитие каждой группы организмов характеризуется собственными, присущими только ей закономерностями. Поэтому трудно предполагать, особенно в условиях устойчивой среды, полное совпадение во времени переломных моментов в развитии различных филумов. Сближение или даже совпадение этих переломных моментов может иметь место только при значительных изменениях физико-географических условий, которые относительно редко имеют планетарное проявление.

Вот почему следует вместе с Б. С. Соколовым [1974] признать, что этапность развития органического мира не может быть непосредственно использована при практическом определении стратиграфических границ подразделений общей шкалы.

Как показал недавний опыт международного изучения проблемы установления границы силура и девона, в условиях неравномерности развития отдельных групп организмов граница между подразделениями общей шкалы должна устанавливаться по данным только одной группы. К этой основной границе, установленной по развитию ортостратиграфической группы, должны быть привязаны границы, распознаваемые по другим группам организмов. Последние, таким образом, могут быть использованы для выявления соответствующих границ и при отсутствии представителей ортостратиграфических групп.

Такой подход отнюдь не означает отказа от признания объективной реальности этапов в развитии органического мира. Он лишь подчеркивает различие между объективностью существования самих этапов и известной условностью границ между ними. Последнее связано с тем, что эволюция представляет собой непрерывно развивающийся процесс и граница между этапами является более или менее искусственным или произвольно выбранным разделом, прерывающим этот процесс.

### 5.2.8. Экостратиграфия

Сравнительно недавно появившийся термин «экостратиграфия» быстро вошел в обиход и ныне является, без сомнения, самым модным в биостратиграфии, что неудивительно на фоне общего интереса к проблемам экологии. В то же время надо отметить отсутствие единого понимания этого термина.

По-видимому, большинство палеонтологов понимают под экостратиграфией усиление роли палеоэкологических наблюдений и палеоэкологического анализа при биостратиграфических исследованиях. Такое понимание экостратиграфии лишает ее самостоятельности и, в сущности, делает излишним сам термин. Р. Ф. Геккер, например, указывает: «Экостратиграфия должна быть обязательной частью биостратиграфии в правильном полном ее понимании... Если принять термин «экостратиграфия», то необходимо иметь другой термин для обозначения стратиграфии на основе руководящих форм, что совершенно излишне» [Экостратиграфия..., 1976, с. 22].

Другая группа палеонтологов понимает под экостратиграфией прежде всего выделение фациально зависимых стратон, имеющих заведомо диахронные границы.

Наконец, третья группа видит в анализе палеоэкосистем альтернативу современной феноменологической хроностратиграфии. По мнению этих палеонтологов, экостратиграфия дает возможность установления причинной связи геологических явлений и, таким образом, обеспечивает создание естественной стратиграфической классификации. Так, С. В. Мейен [1974а, с. 129] отмечает: «Палеоэкосистемный подход переводит стратиграфию на каузальные рельсы, снимает старую проблему совпадения — несовпадения этапов развития разных групп организмов и абиотической среды. Сами этапы выделяются для палеоэкосистемы, а не для отдельных филогенетических ветвей. Это дает несравненно более объективные основания для выделения стратиграфических подразделений и оценки их ранга».

Наиболее полно идеи экостратиграфии развиты в работах В. А. Красиловой [1972, 1977а]. По-видимому, тот факт, что к экостратиграфии как основе новой стратиграфической концепции обратились палеоботаники, не случаен и в значительной мере обусловлен характером и распределением в разрезах изучаемого ими материала. Действительно, наземные флоры являются особенно чутким индикатором изменения климатических условий и рельефа. С другой стороны, смена палеофлор по разрезу из-за специфики захоронения и фоссилизации носит явный с точки зрения послонной характеристики разреза характер. Методы четкой диагностики фаунистических комплексов каждого слоя, широко принятые при работах с морскими отложениями, для континентальных серий обычно неприменимы, и это обстоятельство, естественно, заставляет искать

более сложные пути при стратиграфическом анализе имеющегося палеонтологического материала.

В. А. Красилов [1977а, с. 32, 33] считает, что «1) геологическое время — это запечатленная геологической летописью смена состояний земной коры и биосферы; 2) смена состояний земной коры и биосферы может служить основой общей стратиграфической классификации; 3) моменты геологического времени имеют продолжительность и отвечают последовательным этапам стабилизации биосферы, нарушаемым событиями планетарного масштаба; 4) одновременность событий определяется не приуроченностью к моментам абсолютного времени, а признаками их сосуществования, их взаимодействием. Поскольку изучение следов взаимодействия входит в компетенцию палеоэкологии, стратиграфическая корреляция превращается преимущественно в экологическую задачу. Это оправдывает термин экостратиграфия».

Оставляя в стороне дискуссионность всех посылок в приведенной цитате, мы можем констатировать, что здесь действительно заключена новая стратиграфическая концепция. Правда, ее преимущества по сравнению с общепринятой стратиграфической («хроностратиграфической» по В. А. Красилову) концепцией не очень ясны. Нам представляется, что попытка создания внешней системы отсчета, на которой строится хроностратиграфия, несмотря на всю условность такой попытки, наилучшим образом обеспечивает регистрацию геологических событий. В то же время измерение событий самими событиями представляется методологически сомнительным и неизбежно должно приводить к субъективным корреляциям. Существенным моментом является и то, что современная стратиграфия не располагает аппаратом, который мог бы обеспечить реализацию намеченной В. А. Красиловым программы. С другой стороны, несомненно, что изучение палеоэкосистем чрезвычайно обогащает как биостратиграфию, так и биологию массой новых фактов и значительным количеством ранее неизвестных соотношений и, бесспорно, должно оказать самое благотворное влияние на развитие общестратиграфических и общебиологических представлений.

#### 5.2.9. Случаи, осложняющие применение палеонтологического метода в стратиграфии

Несмотря на ведущее значение палеонтологического (биостратиграфического) метода в общем комплексе методов стратиграфического расчленения и корреляции, в практике его использования нередко приходится встречаться с некоторыми затруднениями, осложняющими его применение. Эти осложняющие моменты заслуживают специального рассмотрения, поскольку знакомство с ними может помочь преодолению возник-

шающих в подобных случаях трудностей и предохранить от ошибочных выводов и заключений.

В сущности, все возникающие порой трудности использования палеонтологического метода бывают обусловлены одной из двух главных причин. Первая — отсутствие или недостаточность палеонтологических данных, что вызывается бедностью рассматриваемых отложений окаменелостями или плохой их сохранностью, не допускающей точного определения. Эта категория трудностей в большинстве случаев может быть полностью или частично преодолена за счет применения более совершенных методов распознавания ископаемых остатков организмов и извлечения их из породы. Использование соответствующих технических приемов механической дезинтеграции породы с последующей отмывкой или химических методов препарирования (растворение в кислотах) обычно позволяет получить достаточно представительный палеонтологический материал даже из отложений, визуально кажущихся палеонтологически немymi.

Вторую и главную категорию случаев, осложняющих применение палеонтологического метода в стратиграфии, составляют комплексы ископаемых необычного или аномального состава. При всем разнообразии причин, вызывающих образование подобных комплексов, они могут быть сведены к двум главным группам.

Одна из них отличается тем, что характерные особенности аномального ориктоценоза являются первичными и возникли еще в процессе формирования соответствующей биоты. Сюда относятся прежде всего случаи, связанные с особенностями эволюции отдельных филумов, как-то: параллелизм и гомеоморфия, конвергенция, итерация, замедленные темпы эволюции, обуславливающие появление персистентных форм. Кроме того, первичной причиной возникновения аномальных черт фаунистических и флористических комплексов могут явиться также особенности прохореза (расселения) и миграции, отражающие палеогеографические и биономические условия соответствующего отрезка времени. К этой категории относятся явления эндемизма, возникновение реликтовых или суперститовых форм или их ассоциаций, рекуррентия и т. п.

Вторая группа фаунистических и флористических комплексов аномального состава обязана своим возникновением не процессам развития соответствующей биоты, а явлениям переноса остатков организмов до их захоронения и переотложения окаменелостей, вымытых из более древних отложений. Эти явления приводят к возникновению аллохтонных ориктоценозов, зачастую имеющих очень незначительное сходство с исходным биоценозом. Наконец, могут иметь место случаи образования аллохтонных ориктоценозов путем синхронного переноса и захоронения органических остатков.

Следуя Б. Т. Янину [1974], можно различать следующие способы синхронного переноса остатков организмов: а) перемещение вдоль берега под воздействием волноприбойного движения воды; б) перенос морскими течениями, реками, ветрами и различными животными; в) смещение по склону в результате оползней и мутьевых потоков; г) рассевание посредством ледового разноса; д) погружение остатков организмов на дно водоемов.

Во всех этих случаях возможно образование ориктоценозов, как полностью аллохтонных, так и смешанного типа, включающих наряду с аллохтонными и автохтонные элементы. Образование аллохтонных ориктоценозов в результате синхронного переноса и захоронения обычно не влияет существенно на выводы о геологическом возрасте вмещающих отложений.

Значительно большие трудности для стратиграфа представляют аллохтонные комплексы ископаемых, возникшие в результате асинхронного переноса и захоронения, сопровождающиеся переотложением окаменелостей, вынесенных из более древних отложений. Асинхронный перенос или переотложение окаменелостей, по Б. Т. Янину, может происходить следующими путями: а) эрозия суши и абразия берегов и дна; б) оползни и мутьевые потоки; в) ледники; г) миграция нефти; д) захват потоками лавы и вулканической грязи; е) перенос подземными и поверхностными водами; ж) перенос с глинистым раствором при бурении скважин.

Совершенно особый способ образования асинхронных комплексов ископаемых, обычно микрофоссилий, представляет собой так называемый их «вмыв» из более молодых отложений в подстилающие слои. Наконец, своеобразные аллохтонные, асинхронные ориктоценозы возникают в результате различных процессов, приводящих к «конденсации разреза».

Ниже будут рассмотрены все перечисленные типы комплексов ископаемых аномального характера и приведены наиболее типичные примеры, на основании которых читатель сможет убедиться в широкой распространенности этих явлений и большом их значении для стратиграфии.

Осложняющие факторы первичного характера. Как указывалось выше, во многих случаях осложняющие моменты при использовании палеонтологических данных в стратиграфии отражают особенности первичных процессов развития биот, давших начало изучаемым геологами и палеонтологами комплексам ископаемых остатков организмов — ориктоценозам определенного слоя или толщи. Это, с одной стороны, процессы эволюционного характера, обуславливающие такие явления, осложняющие биостратиграфический анализ ископаемых фаун и флор, как возникновение конвергентных, гомеоморфных и персистентных форм. С другой стороны, к первичным осложняющим факторам относятся процессы простран-

ственного перемещения организмов, в том числе миграции, под которыми понимаются периодические кочевки животных внутри своего ареала, и процессы расселения вида или другого таксона, обуславливающее расширение его ареала.

Как эволюционные, так и биогеографические факторы, связанные с процессами, протекающими в живущих биотах, могут рассматриваться как первичные по отношению к процессам захоронения остатков мертвых организмов и их фоссилизации, приводящим к формированию ориктоценозов.

*Осложняющие факторы эволюционного порядка.* Значительная часть затруднений, встречающихся при использовании палеонтологического метода в стратиграфии, связана с возникновением в процессе эволюции различных групп животных морфологически сходных форм в различных и подчас далеких филогенетических ветвях.

Известны многочисленные случаи ошибочных заключений о возрасте отложений на основании подобных как бы имитирующих друг друга таксонов, для которых Л. С. Либрович [1948] предложил образное обозначение симулирующих форм. Возникновение последних является следствием развития эволюционного процесса по принципу конвергентной или параллельной эволюции. В связи с распространенностью этих явлений и не всегда достаточно четким их разграничением рассмотрим основные особенности всех трех основных принципов эволюционного развития филумов: дивергенции, конвергенции и параллелизма.

Под дивергенцией понимается независимое приобретение родственными организмами различных признаков. При дивергенции сходство объясняется родством, т. е. общностью происхождения, а различия — приспособлением к разной среде. Дивергенция осуществляется на основе эволюции гомологичных органов. Принцип дивергенции, разработанный и обоснованный Ч. Дарвином, составляет одно из основных положений дарвинизма. Дивергентное развитие филумов является одним из важнейших эволюционных процессов, лежащих в основе филогенетической дифференциации, т. е. расчленения единой группы на две или более. Крайнее свое выражение дивергенция находит в явлениях адаптивной радиации. Несмотря на ведущее положение принципа дивергентного развития, было бы неправильно свести к нему все многообразие эволюционного процесса; в последнее время все более очевидной является существенная роль конвергентного и параллельного развития.

Конвергенция, обуславливающая возрастающее сходство групп и отдельных форм, означает приобретение сходных признаков неродственными организмами. При конвергенции сходство вызывается приспособлением к схожей среде, а различия — различным происхождением, т. е. отсутствием близкого родства. Конвергенция осуществляется на основе эволюции

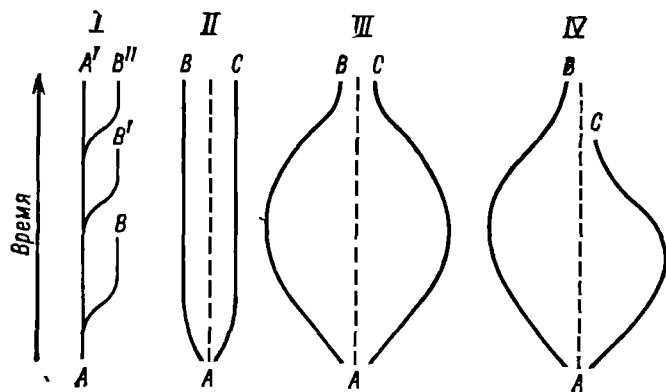


Рис. 5.83. Схема различных типов эволюционного развития (по К. Клауду [Рауп Д., Стэнли С., 1974]).

I — итеративная эволюция; II — параллелизм; III — изохронная конвергенция; IV — гетерохронная конвергенция.

аналогичных (а не гомологичных, как при дивергенции) органов. При конвергентной эволюции сходными изменениями охватываются обычно немногие системы органов в организме. Поэтому сходство конвергентных форм обычно не бывает сколько-нибудь полным и глубоким, и при детальном исследовании сравнительно легко устанавливается различное их происхождение. Гораздо реже конвергенция захватывает организацию животных более широко. Чаще всего она охватывает общую форму тела. Классическим примером может служить конвергентное сходство прикрепленных бентосных организмов — губок, археоциат, одиночных кораллов, рудистов и рихтгофений (брахиоподы) с их бокалообразной формой тела. В некоторых случаях конвергентное развитие приводит к возникновению «симулирующих» форм, могущих привести к ошибочному их определению, а следовательно, и к неправильным выводам о возрасте вмещающих отложений.

Параллелизм, параллельное развитие, представляет собой независимое приобретение сходных признаков родственными организмами. При этом сходство объясняется частично общностью происхождения, а частично приспособлением к сходной среде. В отличие от конвергенции параллелизм осуществляется на основе эволюции гомологичных органов (как и при дивергенции). Таким образом, принцип параллельного развития является как бы промежуточным между дивергенцией и конвергенцией (рис. 5.83). При параллельном развитии близко родственных филогенетических ветвей нередко возникают формы, обладающие более глубоким сходством, чем при конвергенции. Это сходство иногда бывает с трудом отличимо от сходства, обусловленного происхождением от общих предков. Возникно-

вание таких морфологически сходных между собой форм в двух или более параллельно развивающихся близко родственных филогенетических ветвях обозначается как гомеоморфия\*. В качестве синонима последней некоторыми авторами иногда используется термин изоморфизм. Однако, учитывая широкое применение этого термина в кристаллографии и физической химии, предпочтительно пользоваться применительно к явлениям органической эволюции термином «гомеоморфия». Именно в результате параллельного развития близко родственных филогенетических ветвей, т. е. гомеоморфии, возникает наибольшее число «симулирующих» форм, создающих наибольшие трудности для определения и сопоставления.

Особенно чревата ошибками в установлении геологического возраста недооценка явления гетерохронной гомеоморфии, при которой имитирующие друг друга формы характеризуют совершенно различные стратиграфические уровни. При изохронной гомеоморфии симулирующие формы происходят из одновозрастных или близких по возрасту отложений и неправильное их определение не влечет столь грубых ошибок в стратиграфических выводах, как при нераспознанной гетерохронной гомеоморфии. С явлениями гомеоморфии палеонтологу-биостратиграфу необходимо считаться при определении на видовом и особенно родовом уровне. Явления гомеоморфии широко распространены среди брахиопод, и само понятие, как и обозначающий его термин, возникли на основе изучения этой группы. Среди брахиопод нередко наблюдается значительное сходство наружных признаков раковины у форм, относящихся к различным родам, точное определение которых возможно только при учете признаков внутреннего строения. Недооценка этого обстоятельства нередко приводила к грубым ошибкам. Но не только гомеоморфия, но и параллельное развитие на уровне таксонов высокого ранга может привести к существенным ошибкам. Последние могут быть особенно серьезными при использовании так называемого эволюционного метода, когда стратиграфическая корреляция проводится не на основании видового или родового тождества сравниваемых форм, а по сходству уровня их развития.

Классическим примером синхронного параллелизма являются филогенетические роды семейства лошадиных (отряд не-

\* Такое понимание термина гомеоморфии, принимаемое многими советскими исследователями, не является общепризнанным, особенно в зарубежной литературе. Так, Д. Рауп и С. Стэнли [1974, с. 229] называют гомеоморфиями сходные таксоны, возникающие в результате адаптивной конвергенции, отмечая при этом, что «палеонтологи используют этот термин просто для обозначения очень схожих между собой видов». В словаре геологических терминов Американского геологического института приводятся три значения «гомеоморфии»: в том числе сходство, возникающее в результате параллельной или конвергентной эволюции.

парнокопытных), развивавшегося в Арктогея, и отряда литоптерн, одновременно с ними осваивавшего ту же адаптивную зону в Южной Америке. В обоих рядах мы наблюдаем сходные и синхронные изменения в строении конечностей (рис. 5.84). Впрочем и внутри семейства лошадиных намечаются две параллельные линии развития — североамериканская и африканско-евразийская (рис. 5.85).

Примером гетерохронного сходства форм, возникшего на основе параллельного развития различных отрядов мезозойских брахиопод, могут служить среднетриасовый род *Tetractinella* (отряд атириды) и позднеюрская *Cheirothyris* (отряд теребратулиды). Эти высокоспециализированные роды обладают крайне своеобразной раковиной и представляют типичные симулирующие формы (рис. 5.86).

Очень наглядным примером параллельного развития служит эволюция аммонитов подсемейства *Dorsoplanitinae* в Англии и на Приполярном Урале (рис. 5.87). В обоих этих регионах первые дорзопланитины (*Pavlovia*) произошли от мелких *Pectinites* группы *boidini* — *devillei*. На Урале вначале появляются густо- и тонкорестчатые *Pavlovia iatriensis* и ряд близких видов, которые постепенно сменяются редко- и груборестчатыми *Pavlovia raricostata* и еще более грубоскульптурованными *Strajevskya*. В конце временного интервала, охарактеризованного этими аммонитами, появляются первые *Dorsoplanites*. В Англии тоже, и, видимо, на близких стратиграфических

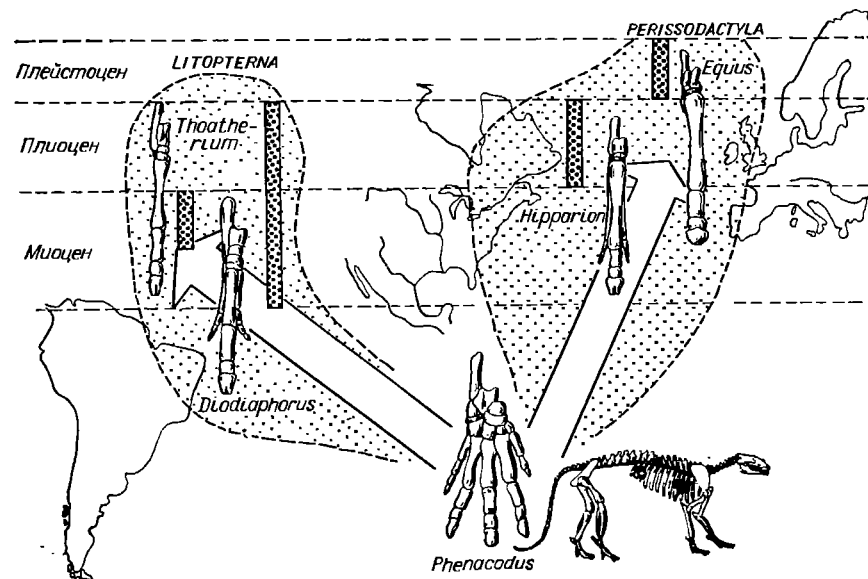


Рис. 5.84. Параллельное развитие лошадиных и литоптерн (по Б. Циглеру [Ziegler, 1972]).

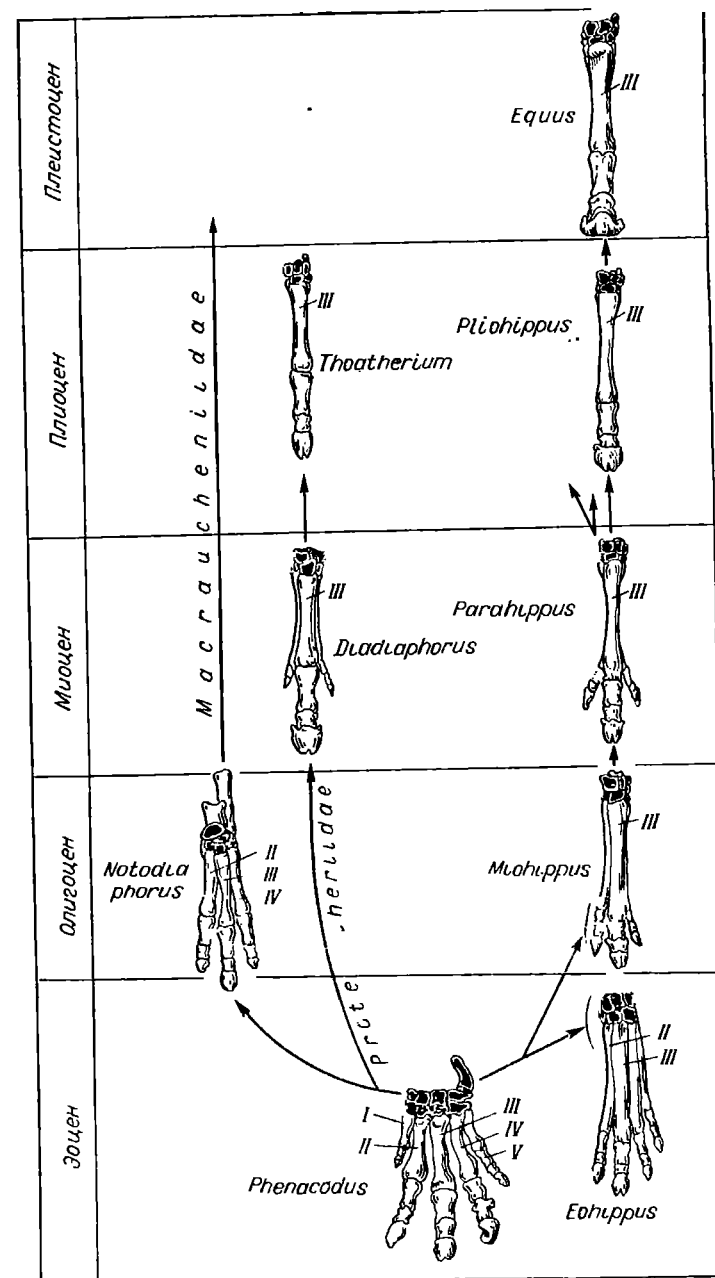


Рис. 5.85. Параллельное развитие в двух группах непарнокопытных (по Н. В. Тимофееву-Ресовскому, Н. Н. Воронцову, А. В. Яблокову [1969]).

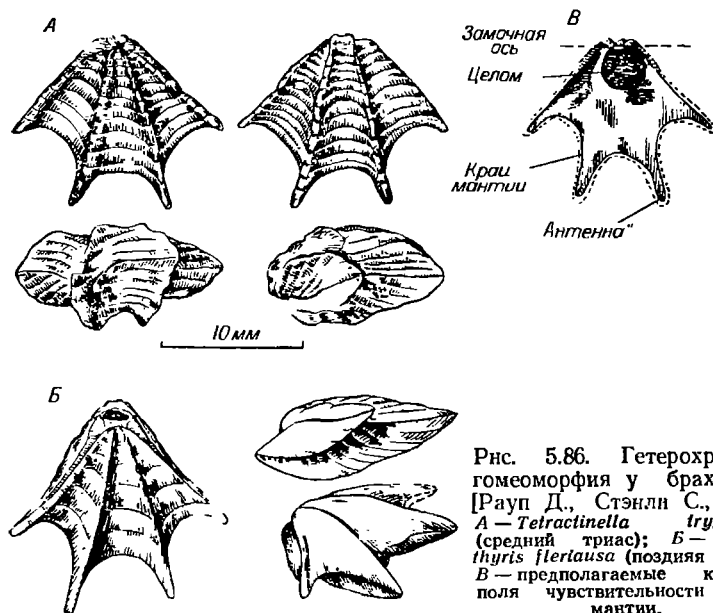


Рис. 5.86. Гетерохронная гомеоморфия у брахиопод [Рауп Д., Стэнли С., 1974]. А — *Tetractinella trygonella* (средний триас); Б — *Cheirithyris fletiausa* (поздняя юра); В — предполагаемые контуры поля чувствительности края мантии.

уровнях, происходит смена тонкорребристых *Pavlovia pallasoides* грубоорнаментированными аммонитами группы *Pavlovia rotunda*, вместе с которыми также появляется *Dorsoplanites ultimum*. Любопытно, что первоначально зона *rotunda* была помещена ниже зоны *pallasoides* [Neaverson, 1925] и это создавало непреодолимые трудности при сопоставлении разрезов. Однако много позднее [Casey, 1967] было доказано, что зона *rotunda* залегает выше зоны *pallasoides*.

Таким образом, независимое развитие *Pavlovia* в двух относительно удаленных бассейнах шло сходными темпами в одинаковом направлении. Более того, исходя из представлений о характере развития филума мнение о возможности стратиграфической ошибки было высказано прежде, чем она была установлена при ревизии разрезов. В качестве примера гетерохронной гомеоморфии у брахиопод можно привести роды гладкошнупных спириферид *Orulganina* и *Licharewia*, из которых первый характерен для карбона, а второй — для верхней перми. Смещение этих близких не только по внешнему виду, но и по внутреннему строению типичных симулирующих форм неоднократно приводило к ошибочному определению возраста вмещающих отложений.

Классическим примером независимого параллельного возникновения сходных признаков в двух отрядах одного класса может служить сходство перегородочных линий настоящих цефалитов (пермь — триас), тоарских аммонитов подсемейства

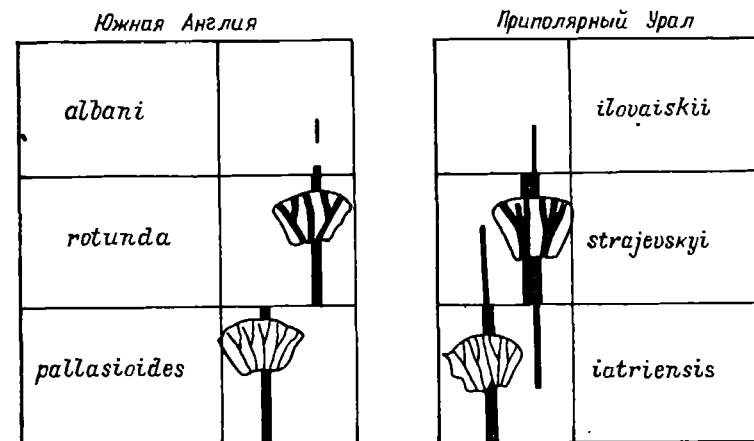


Рис. 5.87. Параллельное развитие *Dorsoplanitinae* в Южной Англии и на Приполярном Урале (по М. С. Месежникову).

*Bouleiceratinae* и позднемиловых аммонитов семейства *Tissotiidae*.

Принципиально отличным от конвергенции и параллелизма является еще один модус эволюции, приводящий к возникновению морфологически близких, но разновозрастных форм. Мы имеем в виду процесс итеративной эволюции. Понятие итеративного, или повторного, видообразования было введено Э. Кокеном в 1896 г. Смысл его заключается в повторном появлении морфологически сходных форм, неоднократно обособляющихся от общего, длительно существующего (персистентного) ствола.

В настоящее время накопился значительный фактический материал, указывающий на довольно широкое распространение итеративной эволюции в развитии различных групп беспозвоночных. В частности, допускается возникновение путем итеративной эволюции грифееподобных форм, неоднократно отделившихся от основного устричного ствола (рис. 5.88). Таким же образом происходило, по мнению некоторых исследователей, возникновение ряда семейств юрских аммонитов, произошедших от отрядов филлоцератин и литоцератин. Итеративное видообразование установлено для кембрийского рода трилобитов *Olenus* (рис. 5.89). В последнее время А. Б. Ивановский [1976] установил явления итеративной эволюции в развитии кораллов рогов семейства колумнариды.

В результате итеративной эволюции могут возникать, так же как и при параллельном развитии, морфологически сходные («симулирующие»), но разновозрастные формы, с чем необходимо считаться палеонтологу.

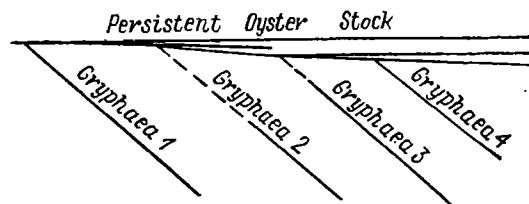


Рис. 5.88. Пример итеративной эволюции. Схема повторного отщепления грифеоподобных форм от различных видов рода *Ostrea*, по А. Е. Трумэну (Яковлев Н. Н., 1959 г.).

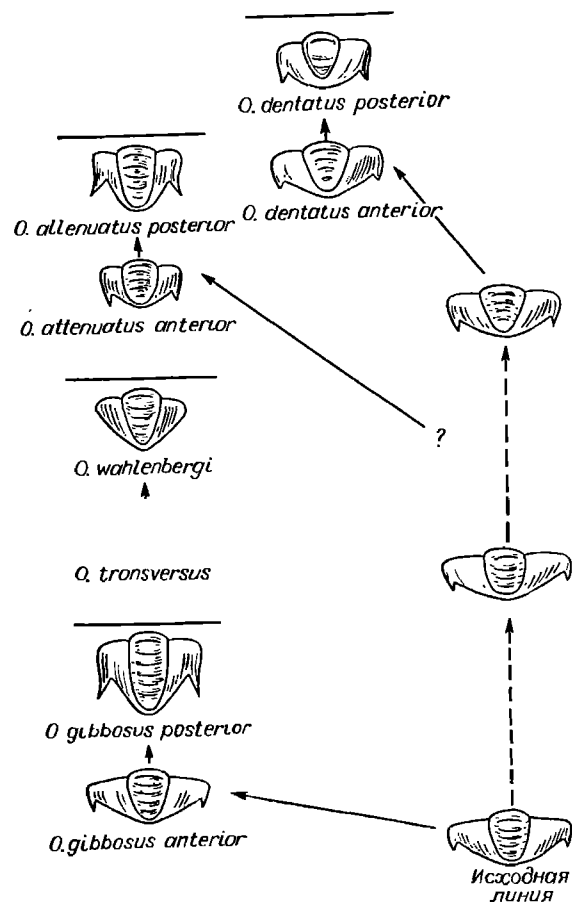
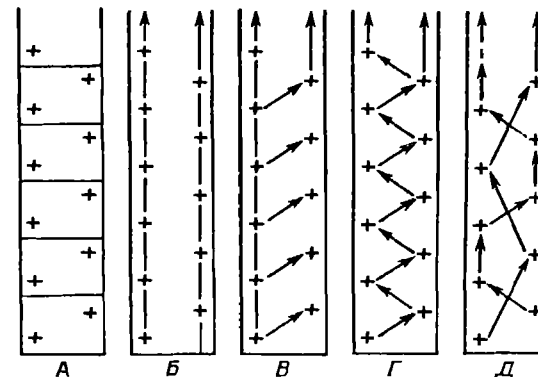


Рис. 5.89. Пример итеративной эволюции. Изменение формы пнягидия у кембрийских трилобитов рода *Olenus* [Рауп Д., Стэнли С., 1974]. В четырех последовательно отделяющихся рядах происходят сходные изменения.



5.90. Возможная интерпретация известных палеонтологических находок филологически сходных форм (по Г. Хеннингсону [Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В., 1969]). А — исходные находки, Б—Д — их возможные филогенетические интерпретации.

В заключение нашего обзора модусов эволюционного процесса, приводящих к возникновению «имитирующих» друг друга или «симулирующих» форм, следует отметить, что они принципиально отличаются друг от друга. Различия эти были подчеркнуты при характеристике каждого из этих модусов и отчетливо видны на графической схеме (см. рис. 5.84). Однако на практике четкое разграничение путей возникновения симулирующих форм возможно далеко не всегда и требует соответствующего большого и тщательно проработанного палеонтологического материала. Не располагая последним, на основе отдельных находок, допускающих различную интерпретацию, как это показано по схеме (рис. 5.90), сделать однозначные выводы о характере развития филума невозможно.

**Осложняющие факторы, связанные с расселением.** Эндемичные формы и комплексы. Ареалы отдельных видов и более высоких таксонов животных и растений по размерам бывают существенно различными. Конечно, для целей стратиграфии, в первую очередь для отдаленной корреляции, особенно ценны роды и виды, обладающие обширными ареалами. Таковыми характеризуются главным образом морские преимущественно нектонные и планктонные организмы, ископаемые остатки которых позволяют осуществлять межконтинентальную, а иногда и глобальную корреляцию. В качестве примера таких групп можно указать головоногих моллюсков, конодонтов, граптолитов и планктонных фораминифер.

Наряду с этим многие виды и роды животных и растений характеризуются небольшими ареалами и относятся к категории эндемиков. Для стратиграфа эндемичные формы являются подчас существенным препятствием при установлении геологи-

ческого возраста вмещающих отложений и особенно для корреляции разрезов далеко отстоящих друг от друга районов. Что касается расчленения частных разрезов, а иногда и внутрирегиональной корреляции, то в этих случаях эндемичные формы могут быть с успехом использованы наряду с формами, широко распространенными. Наибольшие трудности создают при стратиграфических исследованиях не отдельные эндемики, а существование целых эндемичных фаунистических и флористических комплексов.

В морских фаунах эндемизм характеризует многих представителей бентоса. Вообще размеры ареалов отдельных видов животных и растений определяются тремя основными факторами: экологической валентностью, вагильностью (подвижностью) и геологическим возрастом, точнее степенью древности данного таксона.

Под экологической валентностью понимается степень биологической «пластичности» вида, его способность жить в различной среде, характеризующейся большими или меньшими изменениями экологических условий. Виды с высокой экологической валентностью, способные заселять разнообразные местообитания, отвечающие широкому диапазону изменчивости экологических факторов, обозначаются как эврибионтные и обычно обладают обширными ареалами. Виды, отличающиеся низкой экологической валентностью, могущие переносить лишь небольшую амплитуду вариаций экологических условий, называются стенобионтными, характеризуются, как правило, небольшими ареалами и нередко являются эндемичными.

Под вагильностью в экологии и зоогеографии принято понимать способность представителей того или другого вида во взрослом состоянии или личиночной стадии к расселению, иначе говоря степень его подвижности и приспособленности к преодолению различных преград. Как правило, вагильные виды обладают широкими ареалами, а среди менее вагильных встречается много эндемиков. Однако имеется немало исключений, когда отдельные формы, обладающие, казалось бы, хорошими потенциальными возможностями к расселению и преодолению преград, имеют узкие ареалы. Подобными примерами в современной фауне служат некоторые виды птиц и бабочек-бражников, являющихся хорошими летунами, но обладающих узкими ареалами.

Весьма важным фактором, влияющим на размеры ареала, является геологический возраст, т. е. степень древности таксона. С позиций эволюционной теории и учения о центрах возникновения вида эндемизм может возникнуть в результате двух процессов диаметрально противоположного характера. Первый, по-видимому наиболее распространенный, случай — эндемизм, возникающий в результате сокращения первоначального, могущего быть обширным, ареала древней вымирающей группы или вида.

В этих случаях мы имеем дело с так называемым палеоэндемизмом, или реликтовым эндемизмом. Эндемики этой категории называются также консервативными.

Возникновению палеоэндемизма благоприятствует изоляция. Реликтовые формы чаще всего сохраняются в более или менее изолированных участках моря или суши, так называемых азиях или рефугиумах (убежищах). Такими убежищами для реликтовых форм в современной фауне и флоре нередко являются материковые острова, длительное время находящиеся в изоляции. Примером может служить такой палеоэндемик, как новозеландская гаттерия — самое примитивное современное пресмыкающееся, представляющее собой «живое ископаемое». Реликтовому эндемизму благоприятствуют также обособленные горные хребты. Среди растительных реликтов подобного типа можно назвать род гинкго, широко распространенный от юры до плiocена на всех континентах и сохранившийся сейчас лишь в горах внутреннего Китая, и секвойю, локализованную в настоящее время в Калифорнийской прибрежной горной цепи.

Таким образом, для реликтового эндемизма (палеоэндемизма) возникновение узкого ареала связано с сокращением первоначального более обширного ареала вследствие вытеснения более приспособленными формами на фоне общего ухудшения абиотических, чаще всего климатических, условий среды. Многие палеоэндемики в систематическом отношении принадлежат к конечным стадиям филогенетических ветвей и представлены архаичными формами. Однако следует иметь в виду, что, как указывает В. Г. Гептнер [1936, с. 303], «не всякая реликтовая группа имеет узкое реликтовое распространение и глубоко-водные древние формы имеют очень широкие ареалы». С другой стороны, и эндемизм отнюдь не всегда является реликтовым и во многих случаях может быть обусловлен не древностью, а, напротив, филетической юностью форм, еще не успевших расселиться за пределы первоначального центра своего возникновения. Этот тип эндемизма принято обозначать как неоэндемизм. «Неоэндемики», иногда называемые прогрессивными эндемиками, наиболее часто встречаются среди форм, возникших в пределах участков земной поверхности, характеризующихся своеобразием физико-географических условий и (или) резким обособлением их естественными преградами. Так, в современную геологическую эпоху неоэндемики нередки среди горных, островных и озерных фаун. В качестве примеров указать кавказского уalara или горную индейку (*Tetrao gallus caucasicus*) — молодой вид, водящийся только на Главном Кавказском хребте, а также фауну Галапагосских островов. Примером неоэндемизма в озерных фаунах могут служить сиви, обитающие в озерах Центральной Европы и Британских островов, представленные в каждом озере различными формами.

Заслуживает внимания то обстоятельство, что неозандемизм может проявляться иногда и среди представителей вымирающих органических групп, в некоторых случаях дающих вспышку, приводящую к образованию новых видов и даже родов. Примером может служить реликтовый отряд рыб-многоперов, рассматриваемый в качестве потомка палеозойских палеонисцид, представленный в современной фауне всего двумя родами, обитающими в пресных водах тропической Африки. Один из этих родов — *Polypterus* — содержит целых 10 близких частично вымирающих видов, несомненно, недавнего происхождения. Палеонтологический материал дает много примеров вспышек видов и родообразования в архаических группах, предшествующих их вымиранию. Ограничимся лишь одним примером, иллюстрирующим сказанное. Такая типично палеозойская группа брахиопод, как продуктиды, вымершая полностью на рубеже палеозоя и мезозоя, уже в самом конце времени своего существования, в джувльфинском веке поздней перми, дает вспышку в виде возникновения ряда новых родов, в большинстве своем представленных одним или немногими видами. К числу их относятся роды *Tyloplecta* и *Araxilevis*. Первый успел широко расселиться, его ареал охватывает большую часть Тетиса от Альп до Южного Китая включительно. Второй из упомянутых родов — *Araxilevis* — может рассматриваться как неозандемик, ареал которого занимает небольшую область от Закавказья на севере, до Центрального Ирана на юге.

Наряду с эндемизмом отдельных видов и таксонов более высокого ранга можно говорить об эндемизме целых фаун и флор, обычно свойственном в той или иной мере обособленным участкам биосферы. Примерами современных эндемичных фаун могут служить фауны таких крупных замкнутых бассейнов, как озера Байкал и Танганьика. Фауна о. Байкал в целом на 76% состоит из эндемичных видов, а в отдельных группах процент эндемиков еще более высок. В фауне оз. Танганьика количество эндемичных видов также достигает 73—75%. Фауны озер Байкал и Танганьика являются реликтовыми. Их эндемизм связан с ранней изоляцией этих озерных впадин.

Классический пример реликтового эндемизма являют современные фауна и флора Австралии. Напомним лишь некоторые цифры, характеризующие это положение. В составе австралийской флоры эндемичны 75% видов сосудистых растений. Из 31 рода австралийских млекопитающих эндемичны 28. Эндемиками являются 100 из 270 родов птиц и около половины родов насекомых.

Эндемичные ископаемые фауны и флоры хорошо известны палеонтологам и стратиграфам и нередко составляют значительные трудности при установлении их геологического возраста и корреляции. Примером эндемичной палеофауны может служить фауна казанского яруса Русской платформы, в частности

ее брахиоподовый комплекс. Хотя не все относящиеся к нему виды являются эндемичными, но таковых все же большинство, а сам комплекс, взятый в целом, может рассматриваться как неповторимый и эндемичный.

Установление возраста и корреляцию отложений, охарактеризованных эндемическими комплексами ископаемых, обычно удается осуществлять по нередко присутствующим в подобных комплексах элементам, имеющим широкое пространственное распространение и могущим с достаточной уверенностью рассматриваться в качестве руководящих форм.

**Суперститовые формы и комплексы.** Термин «суперститовый» был предложен в 1889 г. Ф. Фрехом для обозначения отдельных форм или целых фаунистических и флористических комплексов древнего облика, находящихся в более молодых отложениях, чем те, для которых они обычно характерны. Присутствие суперститовых элементов в ископаемых фаунах и флорах придает им более древний отпечаток по сравнению с их действительным геологическим возрастом, устанавливаемым по основному комплексу ископаемых и положению в разрезе вмещающих отложений.

В современном биосе аналогами суперститовых форм являются дожившие до наших дней представители древних, давно вымерших групп, часто образно обозначаемых как «живые ископаемые». Их принято называть реликтовыми, но в отличие от выше охарактеризованных географических или пространственных реликтов рассматриваемая категория представляет собой реликты палеонтологические, т. е. реликты во времени. К их числу могут быть отнесены такие формы: *Neopilina* — единственный представитель древнего класса моллюсков моноплакофор, *Nautilus* — единственный ныне существующий наружнораковинный головоногий моллюск, кистеперая рыба *Latimeria* из группы мезозойских целокантов, новозеландская гаттерия, относящаяся к архаической группе рептилий, и др. Большинство этих палеонтологических реликтов характеризуются реликтовыми ареалами и являются эндемиками. Однако род *Nautilus* имеет обширный ареал, охватывающий Индийский и Тихий океаны.

Учитывая трудность разграничения географических и палеонтологических (временных) реликтов, целесообразно сохранить для обозначения последних термин суперститовый, тем более что он получил широкое признание в литературе.

В практике стратиграфических исследований нередко приходится встречаться с суперститовыми комплексами, но особенно часты случаи, когда отдельные суперститовые формы как бы вкраплены в комплексы ископаемых, характерных для отложений соответствующего возраста.

Суперститовые комплексы и отдельные формы, включенные в фауны и флоры нормального состава, создают нередко труд-

ности для установления геологического возраста вмещающих отложений.

Так, например, довольно обычны случаи присутствия среднекаменноугольных видов в фузулинидовых комплексах низов верхнего карбона Приуралья. Подобные случаи нередко пытаются трактовать как переотложение [Раузер-Черноусова Д. М., 1940; Розовская С. Е., 1952]. Однако едва ли можно сомневаться в том, что во многих подобных случаях мы имеем дело с реликтовыми формами «пережившими свой век».

К. Динер [1934] приводит интересный случай присутствия в рэтских слоях Напенг (Nareng beds) Бирмы представителя типичного палеозойского рода двустворок *Conocardium* в сообществе с позднетриасовыми (рэтскими и карнийскими) формами.

В. Ф. Аргамасова [1934] отмечает присутствие суперститовых форм в нижнедевонских известняках Урала, где совместно с типичными герцинскими *Atrypa komata* В аг г. и *Karpinskya conjugula* Tschern. встречается позднесилурийская форма *Bilobites biloba* Linn.

Е. А. Иванова [1947] упоминает, что в области северного крыла Московской синеклизы, где переход от мячковского горизонта среднего карбона к верхнекаменноугольным тегулиферинным слоям не сопровождается изменением фаций, в последних встречаются в качестве суперститовых форм представители типично среднекаменноугольной группы спириферид *Choristites mosquensis* Fisch.

Л. Ш. Давиташвили [1948а, с. 505] указывает, что «разнообразные конгерии дуабского типа киммерийского яруса Абхазии, Мингрелии и Гурии являются несомненно реликтовыми, или суперститовыми, формами, потому что конгерии встречаются здесь особенно часто именно в верхней части киммерия, в то время как по всей остальной площади распространения киммерийских отложений в них не было найдено ни одной формы рода *Congerina*. Реликтовые, или суперститовые, формы находим также в мзотическом ярусе. В этом отношении особенно характерны мзотические представители родов *Arca*, *Ostrea*, *Tapes*, *Sphenia*, *Trochus*, *Nassa* и *Fornatina*».

Известны и суперститовые комплексы наземной фауны. Так, современная фауна млекопитающих Австралии является, по сути дела, суперститовой. Согласно исследованиям Ф. Нопши, динозавры из верхнего мела Южной Франции и Зибенгеборгена обладают примитивными признаками и по степени специализации приближаются к раннемеловым формам из вельда Европы и слоев Комо (Como beds) Северной Америки.

Необходимо считать с тем, что в отдельных случаях суперститовыми могут быть представители групп, обычно принимаемых в качестве архистратиграфических. Показательным примером может служить случай нахождения в Мали (Запад-

ная Африка) в отложениях с богатой датско-палеоценовой фауной аммонита *Indoceras* — рода, известного до сих пор только из маастрихтских отложений Пакистана (Ильин В. Д., Крашенинников В. А., Трофимов Д. М., 1970). При решении вопроса о возрасте вмещающих пород исследователи отдали предпочтение согласованным показаниям других групп фауны, прежде всего планктонным фораминиферам, и датировали отложения как датско-палеоценовые. Таким образом, малийская находка должна расцениваться как признание возможности существования суперститовых форм аммонитов в послемаастрихтское время. Этот вывод расходится с категорическим утверждением во втором, цефалоподовом, томе «Основ палеонтологии» [1958, с. 20] о том, что «в датский век не осталось ни одного представителя аммоноидей».

Довольно близкий случай представляет обнаружение в каменноугольных отложениях Новой Земли, содержащих комплекс фораминифер, характерный для башкирского яруса, гониатитов рода *Cravenoceras* — зональной формы нижнего намюра Западной Европы и серпуховского яруса СССР. В данном случае приходится рассматривать этих гониатитов в качестве суперститовых элементов фаунистического комплекса.

Как указывает Л. Ш. Давиташвили [1948а], «суперститовые фауны — ассоциации форм, представляющих собой остатки ранее широко распространенных групп».

Сохранение суперститовых форм и целых фаун происходило в тех случаях, когда на определенной территории в противоположность соседним областям физические условия среды обитания остались неизменными. Вследствие этого ранее существовавшая здесь фауна или флора не вымирает и не вытесняется новыми иммигрантами. В таких убежищах (азилах) реликты фауны или флоры могут сохраняться, в то время когда в соседних местностях они уже исчезли.

Суперститовые (реликтовые) формы и комплексы наблюдаются не только в животном, но и в растительном мире. Приходится сталкиваться с ними и фитопалеонтологу. По данным П. А. Мчедlishvili, флора угленосных отложений Тквибульского и Ткварчельского месторождений Грузии, имеющих батский возраст, представлена комплексом, характерным для рэта — лейаса. Очевидно, эта флора в данном случае является реликтовой. Вероятно, местообитание этой флоры было изолировано в течение продолжительного времени, в результате чего и сохранился в неизменном виде древний растительный комплекс.

Еще более разительный пример представляет собой неокимская флора Якутии, которая имеет отчетливый юрский облик. Лишь находки в основании флороносной серии валанжинских аммонитов и бухий позволили установить истинный возраст этих комплексов.

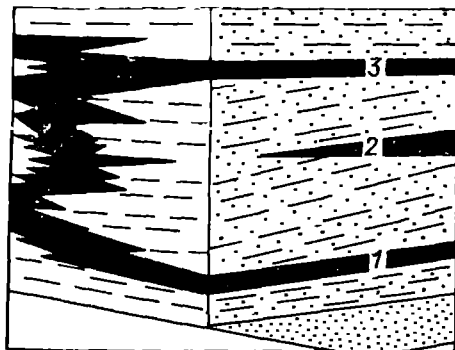


Рис. 5.91. Схема, показывающая связь появления рекуррентных комплексов фауны с миграцией фаций (по Р. Муру [1953а]).

Слои, содержащие ископаемые, показаны в разрезе в двух плоскостях, пересекающихся почти под прямым углом. В плоскости с правой стороны показано, что комплекс фауны в черных сланцах, характерный для слоя 1, повторяется без сколько-нибудь существенных изменений выше по разрезу (слои 2 и 3). В плоскости слева видна непрерывность накопления черных сланцев в условиях многократного перемещения зоны их седиментации.

**Рекурренция.** Под рекурренцией понимается повторное появление одних и тех же форм или целых фаунистических (флористических) комплексов в различных стратиграфических горизонтах. Рекурренция обычно связана с повторением в разрезе фаций, благоприятных для соответствующего комплекса организмов. Явление рекурренции связано прежде всего с миграцией фаун и флор, вытесненных из места первоначального обитания и существовавших некоторое время за его пределами, а затем, с восстановлением соответствующих условий, возвращавшихся на старое место, не обнаруживая сколько-нибудь существенных изменений. Как указывает Л. Ш. Давиташвили [1948а], рекурренция может зависеть не только от миграций, но в некоторых случаях бывает связана с условиями сохранения органических остатков в ископаемом состоянии, с избирательным характером ассоциации ископаемых. И в том и в другом случае рекурренция фауны и флоры отражает в первую очередь рекурренцию соответствующих фаций (рис. 5.91).

Впервые термин рекуррентная зона был применен Г. С. Вильямсом в 1913 г. для обозначения комплексов фауны из девонских отложений штата Нью-Йорк (США). Этот фаунистический комплекс, включающий брахиоподовый род *Tropidoleptus*, характерный для гамилтонских слоев среднего девона, дважды повторяется в слоях Портейдж и Чемунг верхнего девона. При этом в последний раз гамилтонский комплекс появляется в отложениях, соответствующих середине фаменского яруса, после наивысшего расцвета фаменской фауны. Для того же штата Нью-Йорк Р. Рюдemanом было отмечено появление позднесилурийской рекуррентной фауны. Известен случай пятикратного повторения в разрезе одного и того же комплекса фауны в нижнем карбоне штата Индиана, установленный Д. Голлом.

Рекурренция фаунистических и флористических комплексов особенно часто наблюдается в толщах с ритмичным чередова-

нием отложений резко различного фациального характера с многократным повторением в разрезе одних и тех же фаций.

Классические примеры рекурренции подобного типа дает разрез каменноугольных отложений Донбасса. Здесь фаунистические комплексы морской фауны нередко повторяются в нескольких известняках, разделяющихся прослоями угленосных отложений. Наряду с этим здесь намечается и прерывистое стратиграфическое распространение отдельных форм. Так, по данным Б. К. Лихарева, *Productus gorlovskensis* Lich. (in litt.) появляется в известняках  $N_1$  и  $N_2$ , а затем надолго исчезает из разреза и не появляется до известняка  $O_2$ .

Обусловленность явлений рекурренции миграциями фаунистических элементов в связи с фациальными изменениями убедительно показана на материале изучения развития брахиопод в среднем и верхнем карбоне Подмосковной котловины, проведенном Е. А. Ивановой [1947]. Ею установлено, что хориститы группы *Choristites trautscholdi* Stuck., появившиеся в конце подольского времени в условиях развития мергелистых фаций, в южной и центральной частях бассейна отсутствуют в мячковском горизонте, сложенном чистыми известняками, и вновь появляются там лишь в тегулифериновых слоях, в которых получают развитие мергелистые осадки. В то же время в районах, где накопление мергелистых осадков не прекращалось и в мячковское время, как бассейн Северной Двины и Окско-Цнинский вал, представители группы *Ch. trautscholdi* присутствуют непрерывно во всем разрезе от подольских до тегулифериновых слоев, включая и мячковский горизонт. Очевидно, эти районы и были убежищами, в которых шло непрерывное развитие данной группы и откуда они мигрировали с наступлением благоприятных условий в южную и центральную части бассейна.

Аналогичную картину представляет, согласно Е. А. Ивановой, и распространение группы *Neospirifer tegulatus* Trautsch. Представители этой группы также появляются в подольском горизонте и приурочены преимущественно к глинистым фациям. С изменением фаций в начале мячковского времени на юге бассейна эти формы эмигрировали и вновь появились лишь с наступлением тегулиферинового времени, когда снова получили развитие глинистые фации.

Типичным случаем рекурренции является распространение такого характерного представителя продуктид, как *Striatifera striata* Fisch., в разрезе нижнего карбона Подмосковной котловины. Появившись в алексинских и достигнув расцвета в михайловско-веневских слоях, этот вид полностью отсутствует в вышележащих тарусском и стешевском горизонтах, чтобы вновь появиться в протвинском горизонте. Интересно, что в разрезе северо-западного крыла Подмосковной котловины подобного разрыва в стратиграфическом распространении этого вида не наблюдается.

Л. Ш. Давиташвили [1948а] в качестве примера рекурренции приводит распространение неогеновой двустворки *Proso-dacna prianopleura*, которая относительно часто встречается в нижней и верхней частях киммерийского яруса и, по-видимому, отсутствует в средней.

С некоторой натяжкой к явлениям рекурренции можно отнести и повторение в разрезе не вполне тождественных, но близких по облику и составу комплексов фауны в связи с повторением в разрезе аналогичных фаций. Примером могут служить фаунистические комплексы доманиковой фации, присутствующей в разрезе девона востока Русской платформы и Приуралья на трех стратиграфических уровнях — в живетском, франском и фаменском ярусах. Фауна живетского, франского и фаменского доманика сходна по общему облику (слабое развитие бентоса), групповому и даже родовому составу. Это обстоятельство первоначально затрудняло распознавание возраста доманиковой толщи в каждом отдельном случае. Однако более детальное изучение показало различие видового состава этих трех комплексов, что позволяет отличать их друг от друга и в отношении геологического возраста.

Аналогичную картину представляет, согласно акад. Д. В. Наливкину, и фация «кубоидных известняков», характеризующаяся преобладанием ринхонеллид, близких к *Hypothyridina cuboides* Sow., и повторяющаяся троекратно в разрезе уральского девона в живетских, нижне- и верхнефранских слоях. Первоначально эти «кубоидные фации» различались с трудом. Однако более углубленное изучение показало, что во всех трех случаях мы имеем дело с разными видами ринхонеллид.

Как показал в свое время Л. Ш. Давиташвили [1948а], в свете явлений рекурренции получают рациональное объяснение и так называемые баррандовские «колонии» или «колониальные фауны». Под этим термином предложивший его в 1860 г. И. Барранд понимал фаунистический комплекс молодого облика, присутствующий в относительно более древних отложениях. Стратиграфически выше слои с колониальной фауной сменяются отложениями, содержащими фаунистический комплекс более древнего облика. И. Баррандом был приведен ряд примеров подобных «колоний» на материале силурийских отложений Чехии.

Для объяснения этого явления И. Барранд допускал, что в то время, когда в бассейне обитала еще свойственная данной эпохе фауна, уже имелся где-то неподалеку центр возникновения колонии более молодой фауны, которой было суждено впоследствии путем последовательных миграций достигнуть широкого распространения в более молодых отложениях. При этом, по мысли И. Барранда, к моменту распространения данной молодой фауны предшествующая ей более древняя должна полностью исчезнуть. Таким образом, концепция И. Барранда до-

полняет идею креационизма представлением о центрах-рассадниках, где создавалась новая фауна для предстоящей эпохи.

Как показали последующие работы, баррандовское учение о колониях базировалось на ошибочной трактовке геологического строения местности, в частности недоучета тектонических нарушений. Еще Ч. Дарвин писал о том, что баррандовские «колонии» представляют наиболее заметное кажущееся исключение из того правила, по которому если какой-либо вид исчез с лица Земли, то нет основания допускать его вторичное появление.

В качестве наиболее удовлетворительного объяснения этого явления Ч. Дарвин, следуя Ч. Лайелю, принимал возможность временного переселения из другой географической провинции. Таким образом, очевидно, что представление о колониях в понимании И. Барранда противоречит одному из основных положений дарвинизма — необратимости эволюции. Тем не менее некоторые исследователи и до последнего времени допускали существование колоний. Так, К. Динер в «Основах биостратиграфии» указывал, что у него «нет сомнения в существовании колониальных форм вообще». В качестве примера «истинной колониальной фауны» он приводит комплекс брахиопод и пластинчатожаберных старгембергских слоев в нижнеавстрийских предгорьях Альп, характерный для более молодых кессенских слоев.

Допускал существование колониальных фаун и такой видный советский стратиграф, как Л. С. Либрович [1948, с. 11], расшифровывающий это понятие как фауны «более молодого облика, находящиеся в древних отложениях». Нет сомнения в том, что Л. С. Либрович не разделял концепции И. Барранда в трактовке колоний, но тогда, очевидно, нет смысла в употреблении этого термина вообще. Принимая трактовку колоний в духе Ч. Лайеля и Ч. Дарвина, мы должны будем рассматривать относящиеся сюда явления как частный случай рекурренции.

*Гетерохронное распространение форм и комплексов.* Отдельные формы или комплексы могут проникнуть в новую область, в которой время их появления может существенно отличаться от такового в области их первоначального обитания. В этом новом регионе не только время первого появления, но и весь стратиграфический диапазон распространения данной формы или комплекса могут быть совершенно отличными от того, который характеризовал его в первоначальном регионе. Подобные формы и комплексы могут рассматриваться как гетерохронные. В качестве примера гетерохронности К. Данбар и Дж. Роджерс приводят род бластоидей *Schizoblastus*, который в Северной Америке является руководящим для миссисипия, а на о. Тимор (Индонезия) известен только из перми (карбон там не присутствует). Эти авторы приводят также ряд примеров гетерохрон-

ных родов и видов кайнозойских фораминифер. В частности, *Nonion pizzarenze* (Bergu), являющийся руководящей формой миоценовых отложений Атлантической прибрежной равнины, еще живет у побережья Перу и Чили, а его разновидность была описана у берегов Калифорнии.

Как указывают К. Данбар и Дж. Роджерс, распознать сильно гетерохронный вид в составе фауны обычно удается путем изучения всего фаунистического комплекса. Так, в вышеприведенном случае с бластоидеями консервативный ранне-мезозойский род *Schizoblastus* встречен в сообществе соспециализированными и исключительно пермскими родами бластоидей, разнообразными аммонитами и другими ископаемыми, твердо устанавливающими пермский возраст фауны. Однако в тех случаях, когда фауна расселяется медленно, соответственно постепенному изменению благоприятных условий, ее первое появление может быть в одном разрезе значительно выше, чем в другом, хотя конкретное доказательство этого различия бывает трудно получить.

Гетерохронное появление и исчезновение отдельных видов в различных частях своих ареалов с достоверностью устанавливается на материале неогеновых и четвертичных фаун Паратетиса. Это было подчеркнуто еще Л. Ш. Давиташвили, основывавшим свои выводы как на результатах собственных исследований, так и на данных своих предшественников Н. И. Андрусова, В. П. Колесникова и других. Приводя ряд фактов гетерохронного появления и исчезновения одних и тех же видов моллюсков в различных частях бассейна, Л. Ш. Давиташвили [1948а, с. 502] делает следующее заключение: «Как бы мы ни смотрели на объяснение происхождения подобных явлений, значение этих фактов для проблемы синхронизации несомненно. Они с достаточной убедительностью доказывают неправильность мнения о практическом одновременном появлении руководящих видов повсюду, где эти формы встречаются в слоях соответствующих горизонтов».

Особое значение фактор расселения и миграции приобретает для наземных фаун четвертичного периода. В частности, в стратиграфии плейстоцена, которая в значительной мере опирается на фауны млекопитающих, приходится учитывать то обстоятельство, что средняя продолжительность существования видов превышает продолжительность времени, соответствующего зональным подразделениям этой эпохи. Поэтому сравнительный уровень эволюционного развития групп родственных видов может быть использован только для сопоставления близко расположенных разрезов и основанная на таком подходе отдаленная корреляция может быть ложной. Дело в том, что в подобных случаях образование географических подвидов может как бы симулировать возникновение подвидов во времени. В этих условиях вполне возможны случаи, когда в одном районе мы мо-

жем встретить более продвинутый подвид, чем в другом, несмотря на их полную одновременность. Так, по данным Б. Куртена [Kurten, 1957], субфоссильные барсуки, остатки которых встречены на территории Дании, сходны с рецентными барсуками, обитающими в Швеции, тогда как ныне живущая датская популяция барсуков характеризуется более прогрессивным типом озубления.

Осложняющие факторы вторичного характера. Рассматриваемая категория случаев, осложняющих применение палеонтологического метода в стратиграфии, характеризуется тем, что в основе их лежит вторичность нахождения ископаемых во вмещающих отложениях. Ведущим фактором в этих случаях, следовательно, является переотложение ископаемых остатков животных и растительных организмов. Масштабы этого явления различны. В одних случаях имеет место переотложение единичных отдельных форм, вкрапленных в автохтонный комплекс, в других переотложенными являются целые фаунистические и флористические комплексы. Вполне понятно, что подобные явления существенно затрудняют биостратиграфический анализ и нередко приводят к ошибкам при определении геологического возраста отложений, вмещающих переотложенные комплексы ископаемых. Переотложение также часто искажает истинную амплитуду стратиграфического распределения отдельных форм, что может служить источником последующих погрешностей в стратиграфических выводах. Впрочем, иногда переотложенные комплексы ископаемых могут использоваться для установления возраста и местного стратиграфического расчленения.

Случаи нахождения переотложенных ископаемых органических остатков можно свести к следующим основным типам: 1) глыбы и валуны, заключающие фауну в составе грубообломочных толщ, а также экзотические бескорневые скалы типа тектонических клиппов — останцов тектонических покровов — и ледниковые отторженцы; 2) отдельные окаменелости и их комплексы, вымытые из первоначально вмещавших их горных пород и переотложенные в более молодых толщах; 3) окаменелости, происходящие из более молодых отложений и «вмываемые» в подстилающие более древние толщи. Наконец, особую категорию представляет образование смешанных комплексов в случаях так называемой конденсации разрезов. Перейдем к рассмотрению всех этих явлений.

*Переотложенные глыбы и обломки пород, содержащие ископаемые остатки организмов.* Весьма широкое распространение имеют случаи, когда осадочная толща включает обломки или глыбы палеонтологически охарактеризованных пород из более древних отложений. Здесь прежде всего можно привести многочисленные примеры присутствия галек, содержащих органические остатки в конгломератах базальных толщ. Нередко

наличие подобных переотложенных комплексов в гальке базальных конгломератов помогает уточнять возраст орогенической фазы, предшествовавшей образованию рассматриваемой толщи. Иногда окаменелости, заключенные в гальке, являются и единственными документами для установления, хотя бы приближенно, возраста толщи, вмещающей конгломераты.

Особый случай представляют толщи, включающие большое число переотложенных обломков и глыб палеонтологически охарактеризованных пород из более древних отложений, иногда образующих большие скопления, характеризующие так называемые «глыбовые горизонты». Такие горизонты весьма разнообразны по облику и имеют различный генезис. Классическим примером глыбовых горизонтов могут служить палеогеновые отложения Дагестана, описанные Н. Ю. Успенской [1933]. Здесь в свите так называемых верхнефораминиферовых мергелей ( $F_3$ ) и подстилающей их сланцевой толще ( $F_2$ ) встречаются прослои и пачки пород с включением глыб мелового известняка, сланцев и фораминиферовых мергелей из подстилающей свиты ( $F_1^2$ ). Размеры отдельных глыб достигают нескольких метров, но наряду с ними присутствуют и более мелкие валуны.

Сходные образования, включающие экзотические глыбы и отторженцы (утесы Дибрара), описывались Н. Б. Вассоевичем и С. Т. Коротковым [1935] из других районов Кавказа. Образование этих глыбовых толщ Кавказа большинство исследователей связывает с подводными оползнями. В этих случаях мы имеем глыбы пород различного возраста, заключенные в палеонтологически охарактеризованных вмещающих толщах.

Своеобразную глыбовую толщу составляет так называемый «агломерат» Каменского района северо-восточной части Донбасса, описанный П. В. Кумпаном [1944]. Эта толща, протягивающаяся на сотни километров, представляет собой скопление беспорядочно нагроможденных глыб, весьма различных как по возрасту, так и по литологическому составу. Местами преобладают глыбы верхнесенонских пород, местами обычные обломки и глыбы средне- и верхнекаменноугольных известняков. Цемент практически отсутствует. По размеру обломочный материал колеблется от пылеватых частиц до гигантских глыб.

Некоторые глыбы представляли собой массивы до 1 км<sup>2</sup> и принимались за коренные выходы. Так, глыбы каменноугольных пород трактовались рядом геологов как продолжение Донецкого бассейна, и даже имели место попытки подсчета запасов углей этой «новой части Донбасса».

Возраст агломератовой толщи определяется в интервале между поздним мелом и эоценом. Для объяснения генезиса этой своеобразной толщи привлекались карстовая и пролювиальная гипотезы.

Делалась попытка трактовать агломератовую толщу как результат покрова, перекрытия и т. д. Наиболее убедительным является предложенное П. В. Кумпаном объяснение причины возникновения агломерата в результате оползневых явлений.

В некоторых случаях глыбы, находящиеся во вторичном залегании, являются единственными свидетелями бывшего существования отложений соответствующей системы. Примером может служить пермь Крымского полуострова, известная лишь в виде экзотических глыб, находящихся во вторичном залегании среди триасовых и юрских отложений. Эти огромные глыбы рассматриваются обычно как тектонические отторженцы, хотя высказывалось мнение и о том, что они представляют собой останцы коренных отложений.

Палеонтологические исследования О. Г. Туманской [1937] показали, что пермские отложения Крыма относятся к нескольким горизонтам, которые были ею установлены на основании детального изучения различных групп фауны из этих глыб.

В некоторых случаях подобные экзотические глыбы послужили стратотипами таких крупных стратиграфических подразделений, как ярусы. Таковыми являются глыбы пермского известняка в Сицилии («сицилийский ярус» В. Е. Руженцева, «ярус созио») и на о. Тимор в Индонезии («ярусы базлео и битауни», выделенные Дж. Гертом). В Восточной Гренландии была выделена формация Кап-Стош, представляющая собой толщу грубых конгломератов и песчаников, содержащих глыбы белого оолитового известняка, переполненного остатками фауны, главным образом брахиопод и двустворок, образующих комплекс, сходный с фауной западноевропейского цехштейна. На этом основании формация Кап-Стош была первоначально отнесена к верхней перми. Обнаружение *Otoceras* в песчаниках, переслаивающихся с глыбовыми конгломератами, этой формации позволило установить ее принадлежность к основанию триаса.

Интересный случай переотложения представляют гигантские глыбы верхнепермских известняков, заключенные в четвертичных отложениях северо-запада Русской платформы. Как показало бурение, классические выходы верхнепермских известняков горы Сандыревой в окрестностях г. Кириллова оказались огромными ледниковыми отторженцами, заключенными в морене. Верхнепермские отложения в коренном залегании в этом районе были вскрыты буровыми скважинами на значительной глубине и оказались представленными совершенно иными породами.

Исключительно широкое распространение имеют толщи с переотложенными глыбами в верхнем карбоне и нижней перми Южного Урала. В Оренбургской области (бассейн р. Сакмары) глыбовые горизонты присутствуют в верхнекаменноугольных и нижнепермских отложениях. Особенно интересны описанные В. Е. Руженцевым брекчии зианчуринского горизонта верхнего

карбона. В этих брекчиях присутствуют глыбы фаунистически охарактеризованных пород, которые В. Е. Руженцев считает сингенетичными вмещающим отложениям. Палеонтологическая характеристика зяанчуринского горизонта и базирующиеся на ней стратиграфические выводы основаны главным образом на изучении фаунистических комплексов глыб, образование которых В. Е. Руженцев связывает с подводными оползнями. Наряду с этим в Оренбургском Приуралье в нижнепермских терригенных отложениях иногда встречаются переотложенные глыбы более древних девонских, каменноугольных и нижнепермских пород. Некоторые глыбы швагеринового известняка достигают размеров в несколько метров, например, глыба на р. Кие.

Широко распространены переотложенные глыбы известняка различного возраста в терригенных артинских толщах Горной Башкирии. Описание этих отложений было дано Д. Л. Степановым [1941]. Глыбы в верхнеартинских отложениях представлены известняками с фауной, указывающей различный, от среднекаменноугольного до раннеартинского, их возраст. Нередко можно наблюдать, что глыбы окружены своеобразным «ореолом рассеяния» из мелких обломков того же известняка и фаунистических остатков (фузулиниды, кораллы, брахиоподы, членики криноидей), несомненно вымытых из того же известняка и являющихся переотложенными. Такие формы входят, по сути дела, в состав цемента, и освоенные на их определении выводы о возрасте могут оказаться ошибочными. Подобные переотложенные формы как макро-, так и особенно микрофауны, несом-

ненно, представляют распространенное явление в нижнепермских терригенных толщах не только Башкирии, но и всего западного склона Урала, с которым необходимо считаться при стратиграфических выводах.

Широкое распространение грубообломочные толщи, включающие иногда и глыбовые скопления, имеют в отложениях западного склона Среднего Урала, где они были основательно изучены В. Д. Наливкиным [1949] и Г. А. Смирновым [1956]. В последнее время специальное изучение конгломератовых толщ верхнего палеозоя Среднего Приуралья было проведено Б. И. Чувашовым [1970]. По данным этого автора, конгломератовые толщи имеют позднеартинский возраст и относятся к молассовой формации. Как и на Южном Урале, конгломераты содержат гальки, валуны и глыбы карбонатных пород с фауной, устанавливающей различный их возраст от девонского до раннеартинского включительно. В пределах территории Среднего Урала соотношение галек карбонатных пород различного возраста неодинаково. На севере преобладают гальки девонских и каменноугольных пород, а к югу возрастает количество галек визейского и среднекаменноугольного возраста с параллельным уменьшением роли девонских обломков (рис. 5.92).

Изучение обильного материала позволило Б. И. Чувашову сделать ряд интересных выводов не только стратиграфического, но и палеогеографического характера.

Грубообломочные толщи, включающие и крупные переотложенные глыбы древних пород, имеют значительное развитие в Средней Азии. Подобные глыбовые горизонты в разрезе терригенных толщ палеозоя Юго-Западной Ферганы описаны М. М. Кухтиковым и И. Н. Черновым [1963]. Эти авторы указывают, что возраст терригенной сулюктинской свиты, относившейся к среднему кембрию, в действительности является среднекаменноугольным. Ошибка связана с тем, что кембрийская фауна была определена из глыб и обломков известняка, тогда как в цементе оказались водоросли и фораминиферы, устанавливающие среднекаменноугольный возраст. Среди обломков и галек известняков были встречены кроме кембрийских ордовикские и каменноугольные породы.

В горном массиве Чоор-Дунги нижнекаменноугольные известняки подстилаются и перекрываются терригенной толщей верхнего палеозоя. М. М. Кухтиков и И. Н. Чернов [1963, с. 168] считают, что «известняковые тела массива Чоор-Дунги являются крупными глыбами твердой породы, сингенетичными с толщей обломочных пород верхнего палеозоя. Иными словами, это «валуны» гигантских размеров, входящие в состав своеобразного известнякового валунно-глыбового горизонта». Как указывают эти авторы, в составе среднекаменноугольной толщи Сулюктинского района имеется большое число экзотических глыб и крупных бескорневых массивов-утесов, сложенных поро-

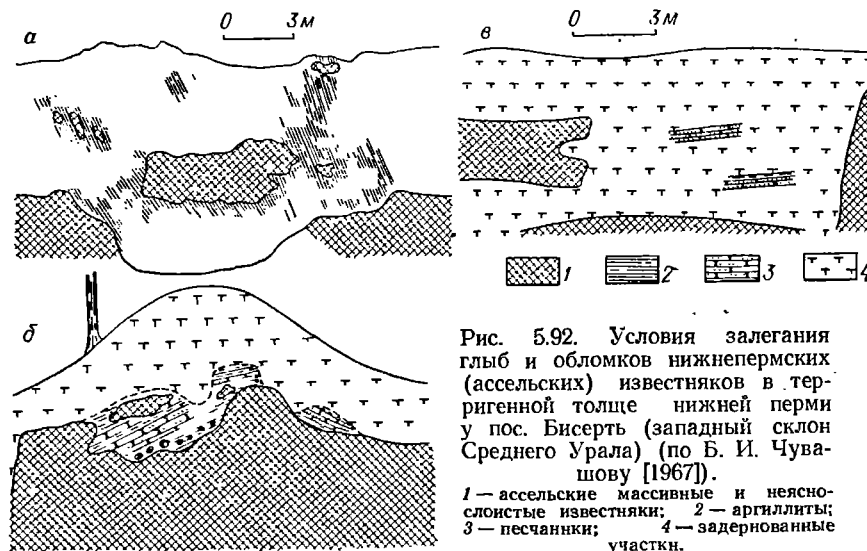


Рис. 5.92. Условия залегания глыб и обломков нижнепермских (ассельских) известняков в терригенной толще нижней перми у пос. Бисерть (западный склон Среднего Урала) (по Б. И. Чувашову [1967]).  
1 — ассельские массивные и неясно-слоистые известняки; 2 — аргиллиты; 3 — песчаники; 4 — задернованные участки.

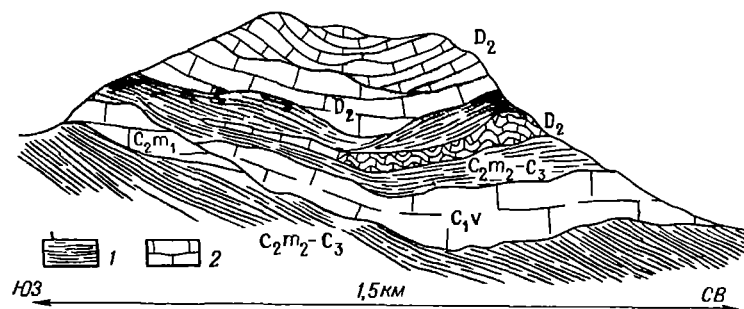


Рис. 5.93. Экзотические глыбы девонских доломитов и каменноугольных известняков в терригенной флишевой толще верхнего палеозоя в верховьях р. Каравшин (Южный Тянь-Шань) (по М. М. Кухтикову, И. Н. Черенкову [1963]).

1 — песчано-глинистые сланцы; 2 — известняки и доломиты.

дами более древнего возраста, в том числе известняками нижнего карбона, девона, силура и среднего кембрия.

В более поздней работе М. М. Кухтиков и И. Н. Черенков [1969] указывают на широкое распространение экзотических глыб и бескорневых утесов в верхнепалеозойских терригенных толщах в пределах всего Гиссаро-Алая (Южный Тянь-Шань). Эти экзотические тела, имеющие чаще всего пластинообразную форму при мощности от десятков до нескольких сотен метров, достигают по простиранию нескольких километров, залегая в общем согласно с вмещающими их более молодыми напластованиями. Это давало основание для нередкого истолкования подобных структур как изоклинальных складок или надвиговых чешуй. Авторы, однако, отрицают тектоническую природу этих образований, которым они приписывают подводно-оползневый

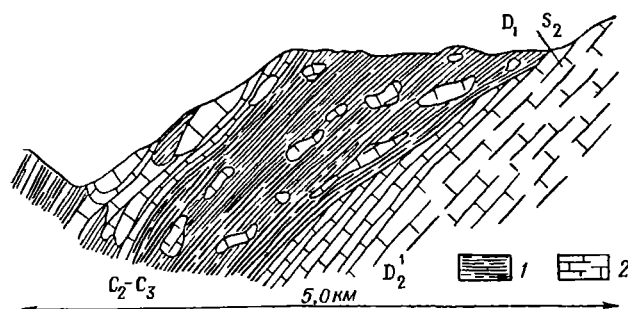


Рис. 5.94. Экзотические глыбы силурийских и девонских карбонатных пород в терригенной толще верхнего палеозоя на Южном Тянь-Шане (по М. М. Кухтикову, И. Н. Черенкову [1963]).

1 — песчано-глинистые сланцы; 2 — силурийские и девонские карбонатные породы.

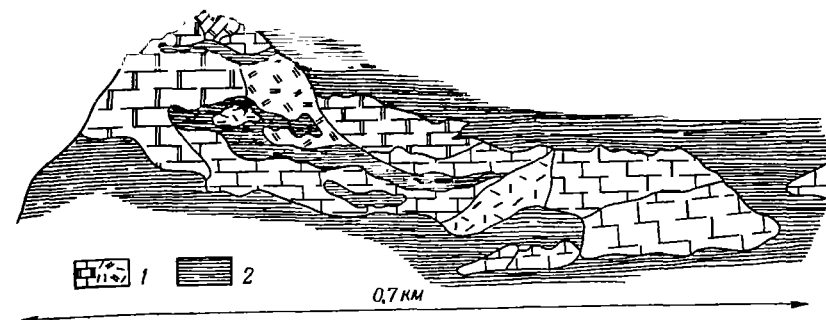


Рис. 5.95. Пласт «глыбовой брекчии» силурийских доломитов среди терригенных отложений верхнего палеозоя по р. Шинк (Южный Тянь-Шань) (по М. М. Кухтикову, И. Н. Черенкову [1963]).

1 — силурийские карбонатные породы, 2 — песчано-глинистые сланцы

генезис, считая их своеобразной разновидностью грубого (или дикого) флиша (рис. 5.93—5.95).

Еще одним случаем образования «глыбовых горизонтов» является куранахская свита (визейский ярус нижнего карбона) Южного Верхоянья. По данным Б. С. Абрамова [1976], в этой свите, представленной чередованием пачек кремнистых пород и пачек переслаивающихся известняков, аргиллитов и алевролитов, встречаются отторженцы, экзотические обломки и глыбы. Генезис глыб в работе не рассматривается.

Грубообломочные толщи типа конглобрекций, состоящие из глыб, чаще всего известняковых, заключенных в цементирующую породу (обычно песчаники и алевролиты), включающую мелкообломочный материал и переотложенные остатки фауны, подобные описанным выше для Урала и Средней Азии, по-видимому, широко распространены и в других странах. Так, Х. Кук с соавторами [Cook, McDaniel, Mauntjoy, Pray, 1972] описывают подобные образования как аллохтонные карбонатные обломочные породы краевой фации девонских рифов, в штате Альберта (Канада). Грубообломочные толщи, представляющие собой хаотическое нагромождение угловатых известняковых обломков и глыб, сцементированных известковистым аргиллитом и встреченных на нескольких уровнях средне-верхнекаменноугольных отложений Кантабрийских гор (Испания), недавно были описаны Р. Вагнером с соавторами [Wagner, Park, Winkler-Prins, Lys, 1974]. Размеры обломков известняков колеблются от нескольких миллиметров до нескольких десятков метров. В цементирующей породе (известковистые аргиллиты, реже алевролиты) присутствуют перемешанные обломки известняков и остатки фауны, происходящие как из рифовой, так и бассейновой фаций. Авторы рассматривают эти «мегабрекчии» как переотложенные карбонатно-обломочные толщи, возникающие под

действием землетрясений в условиях тектонической активности бассейна осадконакопления.

Как известно, в советской литературе господствует представление о подводно-оползневом происхождении подобных «мегаконглобрекций», хотя высказывались предположения и о марино-гляциальном их генезисе.

Из приведенного обзора видно, что «глыбовые горизонты» и «конглобрекции» представляют собой широко распространенное явление и встречаются на различном стратиграфическом уровне.

*Переотложение ископаемых и их комплексов.* Рассмотренные выше случаи нахождения во вторичном залегании галек, обломков и глыб горных пород, содержащих остатки фауны и флоры и происходящих из более древних горизонтов, нежели вмещающие отложения, обычно не представляют особых трудностей для их распознавания. И все же подобные случаи неоднократно являлись источником серьезных ошибок при установлении геологического возраста. Значительно большие затруднения для стратиграфа доставляют широко распространенные случаи присутствия переотложенных форм и их комплексов, вымытых из первоначально вмещавших их горных пород и вторично захороненных в более молодых осадках. Заметим сразу, что эта категория случаев возникновения переотложенных фаунистических и флористических комплексов тесно связана с нахождением во вторичном залегании глыб или обломков палеонтологически охарактеризованных пород в грубообломочных и конгломератовых толщах. Нередко, как мы увидим далее, этому грубообломочному материалу сопутствуют отдельные окаменелости, вымытые из глыб и обломков пород в процессе их выветривания, предшествовавшего их захоронению в более молодых осадках.

Иногда отдельные глыбы переотложенных пород бывают окружены вымытыми из них окаменелостями, рассеянными в цементе, но отнюдь не сингенетичными ему, как это было выше описано на примере верхнеартинских отложений Горной Башкирии. В этом и подобных случаях совместного нахождения обломков, галек и вымытых из них отдельных окаменелостей вторичность нахождения последних во вмещающей породе устанавливается сравнительно легко. Значительно большие трудности возникают тогда, когда переотложенные, находящиеся во вторичном залегании, и автохтонные элементы фаунистического или флористического комплекса встречаются вместе и не различаются по условиям захоронения и характеру сохранности. Это особенно часто имеет место с комплексами фораминифер в карбонатных породах.

С явлениями переотложения отдельных окаменелостей и их комплексов особенно часто приходится встречаться в терригенных обломочных толщах. Однако переотложенные остатки ор-

ганизмов нередки и в карбонатных породах. Переотложенными могут оказаться представители самых различных групп ископаемых: раковины беспозвоночных, полипьяки кораллов, кости и зубы позвоночных и пр. Наиболее часто в практике палеонтолого-стратиграфических исследований приходится встречаться с переотложением микрофауны — раковин фораминифер и ostracod, иногда образующих целые комплексы переотложенных форм. Нередки случаи и переотложения мелких растительных остатков и образований, связанных с размножением растений (споры, пыльца, оогонии харовых водорослей и пр.).

В результате переотложения часто возникают фаунистические и флористические комплексы смешанного состава, в которых наряду с формами, находящимися в коренном залегании, присутствует и больший и меньший процент переотложенных. Иногда встречаются и целиком переотложенные комплексы организмов, особенно часто фораминифер.

Своего рода классическим объектом для изучения переотложения фаунистических комплексов, в частности фузулинид, являются верхнекаменноугольные и нижнепермские терригенные толщи западного склона Южного Урала. Для Башкирии и Уфимского амфитеатра Д. М. Раузер-Черноусова [1940, с. 66] указывает, что «переотложение оказалось довольно широко распространенным в двух толщах: в большей части тритицитовой толщи верхнего карбона и в стерлитамакской свите». Переотложенные формы в этих случаях примешиваются к чуждому им основному комплексу. В то же время в ряде промежуточных свит в вышележащих отложениях сходного литологического облика переотложенных форм почти не наблюдается. Из этого факта Д. М. Раузер-Черноусова [1940, с. 66] делает следующий вывод: «Очевидно, между гранулометрическим составом осадков и размером и формой раковин фузулинид в этом случае не устанавливается никакой зависимости, а некоторое стабильное состояние бассейна будет способствовать отсутствию переотложения».

Значительное большее распространение, по-видимому, имеет переотложение в более южных частях Урала — в Оренбургской и Актыбинской областях. Здесь, как указывает С. Е. Розовская [1952, с. 21], «переотложение фузулинид в терригенных разрезах... оказалось явлением довольно распространенным, и с первого взгляда распределение по разрезу этих ископаемых представляет собой довольно своеобразную картину. Наряду с обильной фауной, характерной для соответствующих горизонтов, имеется большое количество форм нижележащих горизонтов, зачастую большого диапазона. Наличие в терригенной толще большого количества переотложенных форм очень затрудняет разрешение вопросов как стратиграфического, так и систематического порядка». Переотложенные формы встречаются здесь преимущественно в «конгломератовидно-органогенных» породах,

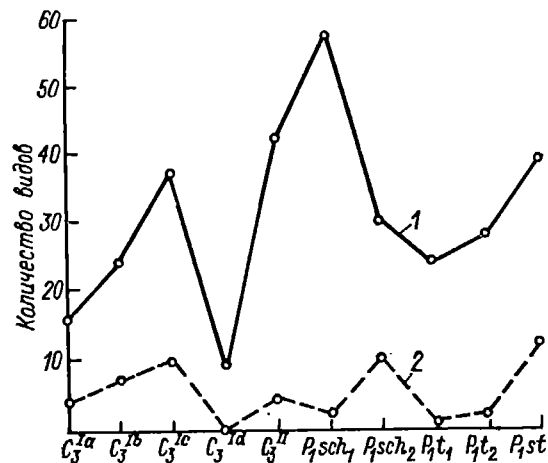


Рис. 5.96. График переотложения фузулинид в разрезе верхнего карбона и нижней перми Южного Урала (по С. Е. Розовской [1952]).  
Формы: 1 — местные; 2 — переотложенные.

но нередко они присутствуют и в других типах пород. Переотложение и образование смешанных комплексов наблюдалось в различных стратиграфических горизонтах в неодинаковой степени (рис. 5.96). При этом в одних горизонтах переотложенные формы происходят из непосредственно подстилающих их отложений, в других случаях наблюдается совместное присутствие переотложенных форм из нескольких различных горизонтов. Иногда число переотложенных форм превышает число присутствующих *in situ*. Так, в разрезе стерлитамакского горизонта сакмарского яруса нижней перми по р. Ускалык наблюдается следующее соотношение числа видов:

из тритицовой толщи	1
из швагеринового горизонта	2
из тастубского горизонта	11
общих для тастубского и стерлитамакского горизонтов	6
из стерлитамакского горизонта	8

При таком частом нахождении значительной части ископаемых во вторичном залегании приобретает существенное значение вопрос о том, как распознавать переотложенные формы и отличать их от находящихся в коренном залегании. В некоторых случаях переотложенные раковины фузулинид имеют характерные особенности в виде разрушения наружных оборотов и появления на них корки выветривания. Однако гораздо чаще какие-либо морфологические признаки, помогающие вполне объективно установить факт переотложения той или иной формы, отсутствуют. Так, С. Е. Розовская [1952, с. 22] указы-

вает, что «выявить какие бы то ни было закономерности в установлении признаков переотложения не удалось, так как наряду с ясными признаками переотложения... встречено довольно большое количество форм, которые по своей сохранности часто совершенно не отличаются от форм, живших на месте».

Об этом же говорит и Д. М. Раузер-Черноусова [1940, с. 66], отмечая, что «основным критерием переотложения является состав комплекса, так как только в редких случаях удается установить переотложение по каким-либо морфологическим или литологическим признакам». Это, естественно, серьезным образом сказывается на объективности выводов, устанавливающих переотложенность той или иной формы. Действительно, палеонтологи-микрофаунисты, используя в качестве главного, а подчас и единственного критерия несоответствие встреченных форм остальному комплексу, не застрахованы от ошибок.

При таком подходе нередко получается, что возраст отложений устанавливается на основе анализа фаунистического комплекса, истинный первичный состав которого можно определить, только зная возраст вмещающих отложений, т. е. как раз то, что подлежит установлению.

Таким образом, возникает своего рода порочный круг. Используя в качестве критерия для отнесения той или иной формы в разряд переотложенных лишь несоответствие их нахождения какой-то стандартной схеме, легко допустить ошибку и отбросить факты, не укладывающиеся в привычную схему, оперируя только с «подходящим» материалом. Отсюда проистекает стремление некоторых палеонтологов объяснить любое отклонение от стандартной схемы, наблюдаемое в фактическом распределении фораминифер в конкретных разрезах, переотложением. Между тем в ряде случаев, вполне вероятно, имеет место лишь некоторое смещение местных тейлзон отдельных видов, связанное с различиями физико-географических условий.

Таким образом, несмотря на то что переотложение фораминифер в верхнепалеозойских терригенных толщах Урала имеет несомненно широкое распространение, было бы непростительным упрощением объяснять им все случаи аномального состава фузулинидовых комплексов. Существующий критерий несоответствия переотложенных элементов основному составу комплекса может быть безошибочно использован лишь в случаях резкого возрастного несоответствия. Когда же речь идет о совместном нахождении форм, характерных для двух смежных биостратиграфических зон, необходим тщательный анализ материала, чтобы выявить, какие формы действительно находятся во вторичном залегании и какие являются находящимися *in situ* реликтами.

Насколько трудно подчас решается вопрос о том, имеет ли место переотложение или присутствие «переживших свой век»

суперститовых форм, можно увидеть еще из одного примера «смешанного» фораминиферового комплекса. В разрезе нерасчлененных средне-верхнекаменноугольных отложений р. Ясачной в юго-западной части Колымского массива, по данным Б. В. Пепеляева, О. В. Юферева, О. И. Богуш [1970], встречен своеобразный комплекс фораминифер, основную часть которого образуют виды, неизвестные в других областях за пределами среднего и верхнего карбона. Наряду с ними здесь присутствуют нижнекаменноугольные, в том числе турнейские, виды. Как указывают авторы, «сейчас трудно решить, имело ли здесь место более длительное существование этих форм. Фациальный характер отложений не исключает и возможности частичного переотложения» [Там же, с. 42].

Иногда амплитуда стратиграфического интервала между горизонтом, из которого происходит переотложенный комплекс фораминифер, с одной стороны, и отложениями, в которых они находятся во вторичном залегании, с другой — может быть очень значительной. Интересным примером является известный по данным В. А. Полянина случай нахождения прекрасно сохранившихся раковин поздне меловых фораминифер (представители родов *Globigerinella*, *Gumbellina*, *Gyroldina* и др.) в верхнечетвертичных отложениях рек Свияги и Камы.

Иногда об аллохтонности переотложенных форм фораминифер можно судить по их малочисленности по сравнению с формами, находящимися *in situ*, а также по характеру сохранности раковины. Так, Р. В. Фейлин-Гансен [Feyling-Hanssen, 1953] описывает случай присутствия в образце верхнеплейстоценовых глин среди 134 раковин *Elphidium clavatum* Cushman одного экземпляра *Globigerina* sp., имевшего выветрелый облик, что дает основание считать его переотложенным.

В отдельных случаях наблюдается определенная закономерность в распределении по разрезу комплексов переотложенных фораминифер, что позволяет использовать последние для стратиграфии. В этом отношении представляют большой интерес приведенные ниже данные Д. А. Агаларовой [1957]. Этим исследователем в неогеновых отложениях продуктивной толщи Азербайджана и красноцветной свите Туркмении установлен ряд горизонтов, охарактеризованных микрофауной. Наряду с остракодами и фораминиферами, находящимися в коренном залегании, в этих отложениях было встречено большое число переотложенных фораминифер (222 вида).

При этом была выявлена определенная закономерность в стратиграфической последовательности комплексов переотложенных форм. Оказалось, что в верхней части толщ присутствует комплекс меловых форм, в средней — палеогеновых и в нижней — неогеновых (понт). Эта закономерность объясняется тем, что терригенный материал продуктивной толщи и красноцветной свиты образовывался в результате последова-

тельного размыва горных сооружений Кавказа и Копетдага. В начале формирования этих толщ сносился терригенный материал, полученный за счет размыва наиболее молодых — неогеновых отложений, затем размыву подверглись последовательно палеогеновые и меловые отложения. В составе переотложенных комплексов фораминифер 99% видов являются общими с видами, известными из отложений неогена, палеогена и мела Главного Кавказского хребта, Малого Кавказа, Большого и Малого Балхана и Копетдага.

В рассмотренном случае комплексы переотложенных фораминифер могут быть использованы для стратиграфического расчленения, несмотря на то что они расположены в обратном порядке по отношению к нормальной последовательности их в коренном залегании.

Подобные случаи биостратиграфической инверсии — расположения зональных комплексов фауны фораминифер в порядке, обратном нормальному стратиграфическому разрезу, для восточного склона Урала описывает Н. П. Малахова [1963, 1967]. В одной из своих работ [1963] она указывает, что в обломочных породах вулканогенно-осадочных силурийских и девонских толщ Тагильско-Магнитогорского синклинория переотложенная фауна в цементе и обломках располагается в стратиграфической последовательности, обратной той, которая имеет место в нормальной разрезе. Обломки известняков с более юной по возрасту фауной располагаются в самых нижних горизонтах современного разреза, а с более древней фауной залегают в его верхних частях, повторяя нормальную колонку в стратиграфически обратном «негативном» порядке.

В другой своей работе Н. П. Малахова [1967] отмечает такое же «негативное» расположение переотложенных фораминифер различных горизонтов среднего карбона в известняковых конгломератах разреза р. Багаряк, где они залегают ниже пестроцветной толщи, относимой рядом исследователей на основании комплекса мiosпор к нижней перми. Впрочем, Н. П. Малахова [1967] считает, что не только конгломератовая, но и пестроцветная толщи разреза р. Багаряк принадлежат к переотложенному комплексу, формирование которого, по ее мнению, происходило в послераннепермское время: в интервале поздняя пермь — ранний триас. Таковы поистине грандиозные масштабы переотложения и сложные пути образования обломочных толщ верхов палеозоя на восточном склоне Урала, допускаемые Н. П. Малаховой, выводы которой нуждаются, однако, в дополнительной аргументации.

Наряду с микрофауной, дающей наибольшее число случаев массового нахождения во вторичном залегании, переотложению подвергаются и макрофоссилии. Так, довольно часто встречаются переотложенные одиночные и колониальные полипники кораллов. По-видимому, в силу прочности ростров белемнойдеи

они также нередко встречаются во вторичном залегании. Известны находки ростров белемнойдей в четвертичных отложениях. Конечно, в этих случаях факт переотложения устанавливается с полной очевидностью.

Более трудно установить вторичность залегания ростров, вымытых и переотложенных из отложений, не столь резко отличающихся по возрасту от вмещающих их пород. Примером такого рода может служить частое нахождение в кампанских отложениях Поволжья переотложенных ростров сантонских белемнитов. Переотложенные ростры характеризуются корродированной поверхностью (личное сообщение В. З. Махлина). Однако, как указывается в «Основах палеонтологии», встречаются и хорошо сохранившиеся ростры, находящиеся заведомо во вторичном залегании.

Как указал В. И. Яворский [1955], в Кузнецком бассейне известно много примеров переотложения остатков морской фауны нижнего карбона в угленосной толще. Так, в ряде пунктов нижнекаменноугольные брахиоподы были встречены в песчаных ерунаковской свиты и в отложениях конгломератовой свиты.

Интересный случай переотложения приводит, ссылаясь на данные Г. Л. Кушева, А. М. Симорин [1946] для Центрального Казахстана. Здесь конкреции, содержащие фаунистические остатки, в частности гониатитов, из нижнекаменноугольной ашлярикской свиты в результате процесса размыва и переноса встречаются в конгломератах различного возраста, вплоть до мезозойских включительно.

Приведем еще один показательный пример резкого различия возраста переотложенного палеонтологического материала и вмещающих его отложений. В плейстоценовых отложениях Северо-Восточной Виргинии (США), по данным Р. Спенсера и В. Роджерса [Spencer, Rogers, 1970], встречено несколько гравийных зон с обломками кремнистых пород и известняков, содержащих остатки палеозойской, преимущественно девонской, фауны беспозвоночных (кораллы, мшанки, брахиоподы, трилобиты, граптолиты, спикулы губок).

Широкое распространение имеет явление переотложения ископаемых в Средней Азии. Выше, при рассмотрении вопроса о глыбах, валунах и гальках, содержащих остатки организмов, мы приводили данные М. М. Кухтикова, И. Н. Черенкова [1963] о распространении подобных образований в Юго-Западной Фергане. Наряду с этим указанные авторы отмечают широкое распространение в терригенной толще верхнего палеозоя Сулюктинского района переотложенных остатков фауны более древнего возраста в виде своеобразной гальки. Отмечаются случаи совместного нахождения позднесилурийских табулят с ранне- и среднекаменноугольными фораминиферами и водорослями. Эти факты позволяют авторам утверждать, что терри-

генная толща, относившаяся ранее к лудловскому ярусу верхнего силура и даже к среднему кембрию, принадлежит к образованиям среднего карбона. Имеющиеся в ней более древние, чем среднекаменноугольные, остатки организмов являются переотложенными.

По свидетельству тех же авторов в Южно-Сулюктинской граде в свое время была выделена сулюктинская свита, сложенная терригенными породами и относившаяся к среднему кембрию на основании находок трилобитов амгинского яруса в линзах известняков. Эта фауна оказалась происходящей из обломков скалы, сложенной крупнообломочной известняковой брекчией. Из «рыхлых» известняков другой глыбы были определены конулярии среднеордовикского облика. А выше по разрезу был встречен прослой, на первый взгляд, кажущийся пластом известняка среди песчано-сланцевой сулюктинской свиты. В действительности этот пласт представляет собой известняковую конглобрекцию, состоящую из скопления известняковых обломков и гальки различных размеров. В гальках встречен раннекаменноугольный род кораллов-ругоз *Lithostrotion*, а в обломках известняка и цементирующей массе — водоросли и фораминиферы, устанавливающие среднекаменноугольный возраст вмещающих пород. Таким образом, возраст сулюктинской свиты оказался не кембрийским, а среднекаменноугольным.

Широкое распространение явлений переотложения остатков фауны в палеозойских отложениях Южного Тянь-Шаня отмечает и Д. П. Резвой [1969, с. 120—124]. Он указывает, что обнаружение позднепалеозойской микрофауны во многих толщах, содержащих среднепалеозойскую и более древнюю фауну, повлекло за собой пересмотр возраста многих терригенных образований; последнее может весьма существенно повлиять на структурные построения, и в частности на установление крупных покровов.

В пермских отложениях Памира установлена распространенность массового переотложения органических остатков, особенно фузулинид. Э. Я. Левен [1967, с. 21], характеризуя ганскую свиту верхней перми, отмечает присутствие в ней пачки конгломератовидных известняков, содержащей довольно много фузулинид, в основной массе переотложенных. Кроме них в этих известняках встречены переотложенные кораллы, брахиоподы, гастроподы и аммоноидеи. В другом месте той же работы Э. Я. Левен [1967, с. 116] указывает, что в верхнепермских конгломератовидных известняках Юго-Восточного Памира «наряду с фузулинидами, типичными только для самых верхов мургабского яруса, встречен почти весь комплекс видов, характерных для нижележащих отложений». Аналогичные смешанные комплексы фузулинид встречены в являющихся аналогами мургабского яруса кодонофузиелловых слоях Турции, что позво-

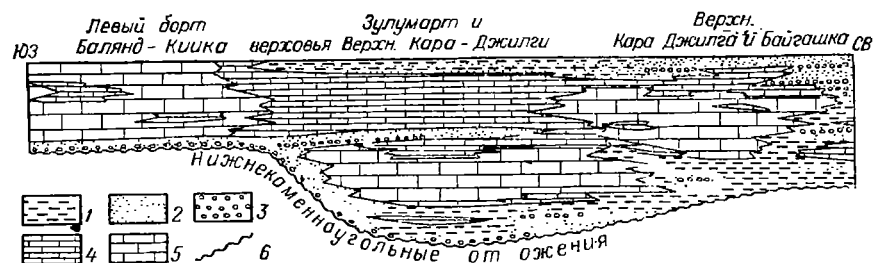


Рис. 5.97. Условия залегания рифовых известняков в разрезе пермских отложений Каракульской зоны Северного Памира (по Э. Я. Левену [1967]).  
1 — сланцы; 2 — песчаники; 3 — конгломераты; 4 — слоистые известняки; 5 — рифы; 6 — поверхности несогласия.

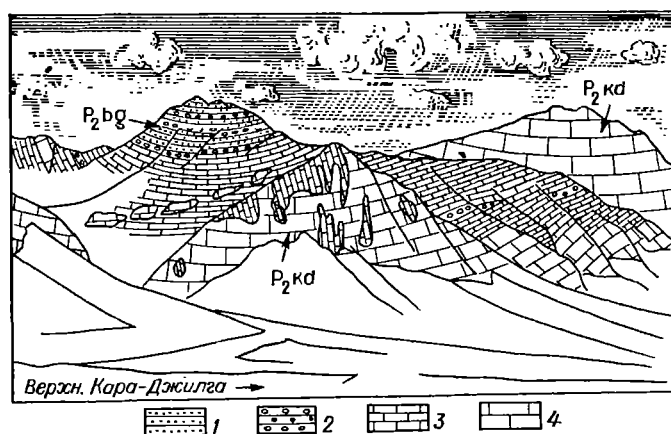


Рис. 5.98. Условия залегания рифовых известняков в пермских отложениях р. Верхняя Кара-Джилга (Северный Памир) (По Э. Я. Левену [1967]).  
1 — песчаники; 2 — конгломераты; 3 — слоистые известняки; 4 — рифовые известняки.

ляет Э. Я. Левену предположить здесь переотложенность некоторых форм (рис. 5.97, 5.98).

В отношении тех трудностей, которые возникают при датировке отложений, заключающих «смешанные» комплексы органических остатков, поучительна история установления возраста пограничных отложений перми и триаса в Восточной Гренландии. Здесь, в районе мыса Кап-Стош, имеются выходы верхнепермских отложений, представленных несколькими литофациями, в числе которых особого внимания заслуживает фация «продуктосового известняка», содержащего богатую фауну кораллов, мшанок, брахиопод и криноидей. Выше заведомо верхнепермских отложений залегает толща грубообломочных конгломератов и песчаников мощностью около 300 м, содержащая валуны пород различного происхождения. Особенно характерны

этой толщи глыбы и валуны белых оолитовых известняков, переполненных окаменелостями, главным образом брахиоподами и двустворками позднепермского возраста, комплекс которых близок к фауне английского и германского цехштейна. Основываясь на этом, один из исследователей Л. Кох в 1929 г. отнес конгломератовую толщу, которую он назвал формацией Кап-Стош, к верхней перми. Но уже в 1930 г. А. Розенкранц показал, что в этой формации конгломераты переслаиваются с песчаниками, содержащими раковины *Ophiceras*, устанавливающими раннетриасовый возраст рассматриваемых отложений.

Таким образом, толща конгломератов и песчаников с глыбами пермских известняков является базальным горизонтом нижнего триаса, представленного главным образом песчаниками, конгломератами, алевроитами и глинистыми сланцами. Общая мощность нижнетриасовых отложений, принадлежащих зоне *Glyptophiceras*, достигает 200 м. Ряд прослоев грубозернистых песчаников и конгломератов включает как обломки, так и целые экземпляры брахиопод (преимущественно продукtid), обрывки зоарий мшанок, стебли криноидей и другие пермские окаменелости, которые встречаются по разрезу на расстоянии до 100 м от основания триаса. Эти находки бесспорно пермских элементов фауны выше границы перми и триаса в сообществе с несомненными офицератидами и *Otoceras* явились поводом для длительных дискуссий. Одни исследователи считали остатки пермской фауны переотложенными. Ряд других авторов, основываясь на прекрасной сохранности многих представителей пермской фауны, допускали, что элементы пермской беспосной фауны находятся в первичном залегании и являются современниками раннетриасовых цератитов.

Этот вопрос получил однозначное решение лишь недавно в результате специальных исследований К. Тейхерта и Б. Каммела [Teichert, Kummel, 1976]. Последние установили, что почти все пермские ископаемые повреждены или представляют собой неопределимые фрагменты раковин и других скелетных образований (рис. 5.99). Те из них, которые удалось определить, принадлежат к видам, которые встречаются в верхней перми района мыса Кап-Стош, главным образом в литофациях «продуктосового известняка» и «мартиниевых сланцах». Кроме того, оказалось, что в рассматриваемом районе Восточной Гренландии пермские отложения отделены от триасовых перерывом, который документирован как палеонтологическими, так и тектоническими данными. Этот перерыв соответствует всему чансинскому ярусу и, возможно, верхней части джульфинского яруса верхней перми. Авторы приходят к убедительному выводу том, что пермские окаменелости Восточной Гренландии не представляют собой доживавшие в триасе реликты пермской фауны, но являются несомненно переотложенными. Хорошую сохранность отдельных пермских ископаемых авторы объясняют

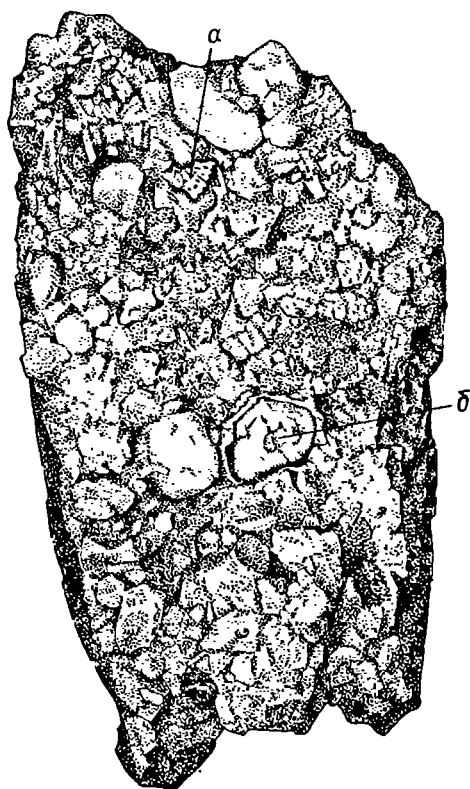


Рис. 5.99. Образцы пермских пород с обломками колоний пермских мшанок (а) и раковин продуктид (б) в конгломератовых аркозах нижнего триаса. Мыс Кап-Стош, Восточная Гренландия (по К. Тейхерту и Б. Каммелу [Teichert, Kummel, 1976]).

тем, что они подверглись переносу, будучи заключены в глинистые катуны (Clayballs). Последние предохраняли их от повреждения и, достигая места отложения, растворялись, оставляя на месте хорошо сохранившиеся окаменелости, быстро погребенные в грубообломочных триасовых отложениях.

Переотложению подвержены и окаменелости растительного происхождения, и прежде всего микрофоссилии, в частности споры и пыльца, а также ископаемый фитопланктон.

В статье Г. Харта [Hart, 1971], посвященной номенклатурным проблемам, связанным со случаями установления новых родов спор и пыльцы на материале переотложенных форм, отмечается нахождение переотложенных пермских спор в третичных и меловых отложениях Индии.

Иногда переотложенные микрофитофоссилии приводят к серьезным ошибкам в датировке вмещающих отложений. Например, по данным И. Н. Крылова [1968, с. 47], «метаморфические толщи Камчатки, которые по спорам были отнесены Б. В. Тимофеевым к докембрию, в действительности оказались мезозойскими». Здесь необходимо отметить, что речь идет, очевидно, не о спорах, а о древнем фитопланктоне — акритархах.

Весьма распространенное явление представляет собой перенос спор и пыльцы нефтью и нефтяными водами. Этот вопрос освещается в специальном сборнике под редакцией М. М. Алиева и К. Г. Чепикова [Споры..., 1971].

Известны случаи переотложения оогоний харовых водорослей. Примером может служить сообщенный Г. И. Егоровым

факт обнаружения в образце из керна скважины, пробуренной в Тихвинском районе Ленинградской области, оогоний харовых водорослей типа девонских трохилисков совместно с остракодами, устанавливающими принадлежность данного образца к алексинскому горизонту нижнего карбона. В этом случае, как предполагает Г. И. Егоров, имело место переотложение растительных остатков (оогоний), снесенных с материка в алексинское время.

Известны также случаи переотложения листовых остатков флоры. В качестве примера, хотя и не вполне бесспорного, можно указать известное местонахождение кейперской (позднетриасовой) флоры на р. Суракай в Башкирии, которое характеризуется совместным присутствием типично мезозойских флористических элементов и нескольких родов кордаитовых, рассматривавшихся А. Н. Криштофовичем [1957] в качестве пермских реликтов. Однако существует мнение о том, что конкреции, содержащие остатки кордаитов, являются переотложенными и находятся во вторичном залегании.

Из приведенных примеров с достаточной очевидностью вытекают те подчас непреодолимые трудности, возникающие при установлении возраста отложений, вмещающих смешанные комплексы фауны и флоры, в которых наряду с формами, находящимися *in situ*, присутствуют вторичные (переотложенные) элементы. Как можно было убедиться, в ряде случаев разграничить те и другие бывает чрезвычайно трудно. Обычно используются два главных критерия установления переотложения, т. е. нахождения окаменелостей во вторичном залегании. Первый — характер сохранности. Нередко ископаемые скелетные остатки организмов, подвергшиеся вымыванию и переносу к месту своего вторичного захоронения, обнаруживают следы более или менее значительного разрушения или встречаются в виде фрагментов. В других случаях раковины и иные скелетные образования либо оказываются частично поврежденными, либо несут на себе следы окатанности в виде сглаживания скульптуры. Иногда внутри переотложенных раковин сохраняется порода, унаследованная от первоначального захоронения и отличающаяся от вмещающих отложений, в которых они встречаются. Иногда наблюдается корродированность поверхности переотложенных раковин или повреждения наиболее хрупких внутренних скелетных образований.

Однако критерий сохранности для распознавания вторичности залегания ископаемых может быть использован далеко не всегда. В известняках и тонкоотмученных глинистых породах переотложенные раковины по своей сохранности подчас неотличимы от находящихся *in situ*.

Второй критерий переотложения — резкое возрастное различие автохтонных и переотложенных элементов фаунистического (или флористического) комплекса. Этот критерий вполне оправ-

дывает себя при значительном различии возраста первичных и вторичных элементов, когда более древний облик переотложенных форм по сравнению с возрастом вмещающих отложений является достаточно очевидным. Этот критерий полностью оправдал себя на примере нахождения кембрийских, ордовикских и силурийских форм в верхнепалеозойских (преимущественно среднекаменноугольных) терригенных толщах Южного Тянь-Шаня и в ряде других рассматриваемых выше случаев.

Однако нередко переотложенные формы по возрасту ненамного древнее вмещающих отложений и принадлежат не только к той же системе, но даже к одному и тому же отделу. В этих случаях перед стратиграфом возникает дилемма: имеет место переотложение или переживание более древних элементов фауны, представляющее собой достаточно распространенное явление. Если отвлечься от таких прямых признаков аллохтонности отдельных окаменелостей, как окатанность, коррозированность наружной поверхности, разрушение хрупких скелетных элементов и т. п., то наиболее надежными из косвенных признаков авто- или аллохтонного нахождения окаменелостей данного слоя являются тафономический и палеоэкологический. В качестве тафономических признаков аллохтонного захоронения могут быть использованы такие, как сортировка по размерам или форме окаменелостей, наличие закономерной ориентировки, особенно удлиненных форм, внедрение и вдавленность одних раковин или створок в другие и т. п.

Палеоэкологический критерий условий нахождения окаменелостей *in situ*, или в аллохтонном захоронении, предполагает анализ экологических взаимоотношений отдельных членов изучаемого ориктоценоза (сообщества ископаемых). Так, совместное присутствие в одном слое остатков организмов, занимавших в древнем бассейне различные экологические ниши, указывает на наличие переноса органических остатков. Масштаб этого явления может быть различным: от синхронного (геологически одновременного) незначительного перемещения в пределах одной биофауны и до переотложения, т. е. привноса в осадки более древних форм, вымытых из ниже залегающих толщ.

В качестве наглядного примера подобного палеоэкологического подхода при установлении автохтонности или аллохтонности нахождения органических остатков в горной породе приведем сравнительные данные об условиях захоронения фузулинид в нижнепермских карбонатных отложениях и терригенно-обломочных толщах западного склона Урала, но Б. И. Чувашову [1967]. Как указывает этот автор, фузулиниды в нормальных условиях обычно встречаются только в областях накопления чистых карбонатных осадков и даже незначительная примесь глинистого материала вызывает обеднение родового и видового составов фузулинид. В то же время в терригенных

толщах нижней перми фузулиниды присутствуют нередко в массовом количестве в самых различных породах, от аргиллитов до цемента глыбовых конгломератов. Существенно и другое обстоятельство. В нормальных карбонатных отложениях фузулинидовые биоценозы характеризуются постоянным присутствием ассоциирующих с ними организмов, к которым относятся водоросли и мелкие фораминиферы. В прослоях же обломочных фузулинидовых известняков, переходящих в известковистые песчаники, встречающиеся в терригенных толщах, обычно присутствуют только фузулиниды, часто отсортированные по размеру.

Все это, как справедливо отмечает Б. И. Чувашов, позволяет с достаточной уверенностью признать, что в терригенных толщах широкое распространение имели процессы переноса и переотложения фузулинид.

Таким образом, если прямые указания на переотложение окаменелостей в виде характера их сохранности не всегда достаточно отчетливы, то с использованием тафономического и палеоэкологического критерия мы можем получить более надежные данные для распознавания явлений переноса.

Следует также отметить, что некоторые группы окаменелостей практически всегда являются аллохтонными, испытавшими до захоронения более или менее значительный перенос. Это относится к морским фаунам, прежде всего остаткам пелагических (планктонных и нектонных) животных, а также к спорам и пыльце.

Однако само по себе аллохтонное захоронение в условиях синхронного (геологически одновременного) переноса остатков организмов еще не исключает возможности использования ориктоценоза, включающего перемещенные элементы, для установления геологического возраста. Поэтому следующим этапом изучения аллохтонного ориктоценоза должно явиться решение вопроса о полной сингенетичности с вмещающими отложениями либо о наличии в нем отдельных асинхронных, т. е. переотложенных, элементов. Наконец, нередко весь комплекс (ориктоценоз) может оказаться полностью переотложенным, не сингенетичным вмещающей породе.

*Нахождение во вторичном залегании ископаемых, переотложенных из более молодых отложений, вмыв.* Во всех рассмотренных выше случаях нахождения ископаемых во вторичном залегании имело место их переотложение из более древних отложений. Однако иногда приходится встречаться с кажущимися на первый взгляд парадоксальными явлениями присутствия во вторичном залегании ископаемых, происходящих из более высоких, чем вмещающие отложения, стратиграфических уровней, а иногда даже остатков современных организмов. Подобные случаи чаще всего встречаются при изучении кернового материала из буровых скважин и нередко связаны с заносом

микрофоссилий из вышележащих слоев в нижележащие в составе шлама при циркуляции глинистого раствора. Иногда при этом с глинистым раствором заносятся и современные микроорганизмы. Довольно распространенными являются случаи заноса современных микроорганизмов в пробы пород при взятии образцов и изготовлении препаратов при палинологических исследованиях. В частности, легко попадают в такие препараты споры и пыльца современных растений. Так, например, в свое время в литературе появилось сообщение С. Н. Наумовой [1968] об обнаружении пыльцы покрытосеменных растений в нижне-каменноугольных отложениях Московской синеклизы. Однако последующие исследования не подтвердили этого сенсационного открытия. Наиболее вероятным объяснением этого загадочного случая может служить допущение попадания в препарат современной пыльцы в условиях недостаточно стерильного взятия проб или изготовления препаратов.

Однако иногда проникновение спор и пыльцы из более молодых отложений в подстилающие более древние могло происходить и без участия человека. Интереснейшим примером, относящимся к этой категории, является обнаружение девонских и каменноугольных спор в криворожской серии докембрия Украинского кристаллического массива. Это открытие, сделанное в середине 50-х годов палинологом А. М. Ищенко, привело к сенсационному выводу о девонско-каменноугольном возрасте криворожской серии, принадлежность которой к верхнему архею или нижнему протерозою считалась твердо установленной. Однако, как показал Н. С. Шатский [1957], в данном случае, очевидно, имело место лишь «поглощение палеозойских спор породами и трещинами в толщах докембрийских пород, иногда на огромную глубину». Это объяснение нашло полное подтверждение в результате проведенного спорового анализа контрольного образца сланца из криворожской серии, в котором по трещинам были найдены очень хорошо сохранившиеся палеозойские и даже мезозойские споры, в то время как на участках породы, не затронутых трещиноватостью, никаких спор обнаружено не было.

Значительно позднее присутствие вымытых растительных микрофоссилий каменноугольного и пермского возраста в древней коре выветривания в северо-западной части Украинского щита было установлено М. Д. Эльяновым и В. К. Тетерюком [1970]. Этим исследователям удалось обнаружить в породах глубинных зон гипергенеза Кривого Рога, Белозерского района и в первичных каолинах Приднепровья два комплекса микроспор: каменноугольный и позднерурский. Совместно с последним встречаются также грибы, диатомовые водоросли и обрывки растительной ткани неопределимой принадлежности.

Переотложенный характер каменноугольных и юрских спор подтверждается характером сохранности — поврежденностью

экзины. Последнее заметно при сравнении переотложенных юрских спор со спорами из вышележащей толщи нормального разреза. По мнению авторов, вымыв микрофоссилий проточными водами в древнюю кору выветривания происходил в допозднерурское время, что определяет верхнюю возрастную границу формирования этой коры.

Подобное проникновение микрофоссилий по трещинам и каналам растворения из верхних горизонтов разреза в более низко залегающие слои, где они могут быть встречены в ассоциации с более древними ископаемыми, может обозначаться как вымыв. Последний представляет собой, по-видимому, не столь уж редкое явление. Американские исследователи обозначают его как «стратиграфическая протечка» («stratigraphic leak») — термин, который вошел в Словарь геологических терминов, изданный в США в 1962 г. Впервые этот термин использовали американские палеонтологи, специалисты по конодонтам Брансон и Мелл. Явлению «стратиграфической протечки» посвящена небольшая статья Н. Фостера [Foster, 1966], который также использует его применительно к вымыву конодонтов.

*Смешанные фаунистические и флористические комплексы, конденсация разрезов.* Еще один своеобразный тип аномальных фаунистических и флористических ассоциаций представляют собой смешанные комплексы ископаемых, характеризующиеся совместным присутствием в одном слое разновозрастных форм, которые в условиях нормального разреза встречаются в нескольких последовательно залегающих фаунистических или флористических зонах. Подобные случаи чаще всего обусловлены явлением так называемой конденсации разреза, или «сгущения» зон.

Приведем два типичных примера явления конденсации разреза, или сгущения зон, по материалам перми Приуралья. Одним из них является описанный И. В. Хворовой [1947] разрез отложений сакмарского и артинского ярусов Ишимбайского нефтеносного района Башкирии. Здесь к востоку от зоны развития рифовых известняковых фаций, где сакмарские и артинские отложения достигают мощности свыше тысячи метров, располагается зона глубоководных осадков, в которой отложения того же возраста измеряются всего несколькими десятками метров. Эти отложения образованы темными мергелями, аргиллитами и глинистыми битуминозными известняками. Органические остатки представлены растительным детритом, скелетами радиолярий и спикулами губок. Встречены также раковины аммоноидей и чешуйки рыб. Выделение отдельных зон и горизонтов сакмарского и артинского ярусов здесь невозможно.

Другим примером конденсированного разреза может служить сезымская свита Печорского угленосного района, представляющая собой базальную пачку мощной терригенной юньягинской серии нижней перми. Сезымская свита, ранее называв-

шаяся мергелистым горизонтом, сложена глинистыми известняками, мергелями и алевроитами и имеет мощность от 6 до 40 м, обычно 12 м. Она включает довольно разнообразную фауну фораминифер, брахиопод и аммонойд. Состав этой фауны позволяет считать возраст сезымской свиты в основном сакмарским и позднеассельским. М. Г. Миронова, Д. Л. Степанов [1957] допускали возможность того, что эта свита включает эквиваленты всего ассельского яруса, а возможно, и верхнего карбона. Таким образом, эта маломощная свита, а по существу пачка, по мощности редко превышающая 15—20 м, репрезентирует по меньшей мере два яруса нижней перми.

Иногда конденсированные слои представляют собой своего рода маломощные конгломераты, содержащие фауну разных горизонтов. Примерами конденсированных слоев такого типа могут служить тоарские отложения Северо-Западной Болгарии, полуметровый слой которых заключает аммонитов обоих подъярусов и почти всех зон тоара, или верхнеюрские и неокимские отложения Поволжья, в которых встречаются горизонты с разновозрастными фосфоритовыми стяжениями. По-видимому, наиболее правдоподобно объяснимый генезис таких слоев может заключаться в выносе из отложившегося осадка песчаных и алевроитовых частиц и в оседании и постепенном сгущивании крупных и тяжелых раковин аммонитов.

Своеобразный способ возникновения конденсированных комплексов фауны, иногда сопровождаемый инверсией стратиграфической последовательности, характерен для некоторых фаун аммонитовых известняков области Тетиса. Такими фациями, согласно данным Е. Тозера [Toser, 1971], являются для триаса фация красных халлыштатских известняков, а для юры — фация красного аммонитового известняка *Ammonitico Rosso*. Е. Тозер приводит ряд примеров конденсации аммонитовых зон в разрезах подобного типа. Так, для одной глыбы триасового известняка на о. Тимор (Индонезия) установлено присутствие в ее основании аммонойд, характерных для верхнего карниа, а в кровле — средненорийских форм. Таким образом, двухметровый разрез оказывается соответствующим восьми аммонитовым зонам, которым отвечает временной интервал продолжительностью около 10 млн. лет. Правда, аммониты, определенные из этой глыбы, не говорят о присутствии здесь всех восьми зон. Подобным же образом конденсированными являются средне- и верхнетриасовые известняки халлыштатской фации в Греции, где аммониты различного геологического возраста находятся в очень близком соприкосновении.

Данные изучения условий образования красных аммонитовых известняков типа халлыштатских и *Ammonitico Rosso* приводят к выводу, что их накопление прерывалось периодами, во время которых донные осадки частично или полностью уничтожались субаквальным растворением. Это подтверждается как

литологическими чертами, так и тафономическими особенностями аммонитов, раковины которых глубоко корродированы или разрушены на той стороне, которая была верхней при погружении на дно. Маломощная толща таких известняков может заключать в себе фаунистические комплексы двух и даже более ярусов, что, однако, отнюдь не свидетельствует о замедленном, но непрерывном осадконакоплении на протяжении всего интервала времени между древнейшей и позднейшей фаунами, присутствующими в разрезе.

Еще одна особенность фации халлыштатских известняков заключается в том, что они подверглись растрескиванию и растворению еще в триасе. Вследствие этого более молодые осадки с аммонитами оказались окруженными или перекрытыми более древними породами, также содержащими аммонитов. Более молодые отложения выполняют трещины или пустоты, возникшие при растворении, происходившем параллельно поверхностям напластования более древних пород. Как указывает Е. Тозер, решение проблемы фации халлыштатских известняков имеет большое значение для биостратиграфии триаса, поскольку из этих отложений были впервые установлены многие роды триасовых аммонойд, истинный диапазон стратиграфического распространения которых долго оставался неясным.

*Редуцированные разрезы.* От описанных выше типичных случаев возникновения конденсированных разрезов, характеризующихся совместным нахождением в одном слое представителей различных зональных комплексов, в нормальном разрезе сменяющих друг друга, следует отличать случаи резкого сокращения мощности отдельных членов разреза при сохранении их самостоятельности. Нам представляется, что в последнем случае термин «конденсированный разрез» является не вполне подходящим. Вероятно, правильнее в подобных случаях, при отсутствии смешения фаун сопредельных зон, говорить о «редуцированных разрезах», а само явление обозначить как «стратиграфическая редукция».

В качестве примера этого явления можно указать описанный польскими геологами Р. Марциновским и М. Шульжевским [Marcinowski, Szulczewski, 1972] разрез верхнего мела горной цепи Польской Юры. В этом разрезе, описанном и измеренном на одном борту синклинали, мощность отдельных его членов достигает всего нескольких десятков сантиметров и составляет для сеномана 20%, а для турона всего 5—6% мощности отложений соответствующего возраста на другом борту того же синклинали.

Подводя итоги рассмотрения фактического материала по явлениям конденсации зон и образования смешанных фаунистических и флористических комплексов окаменелостей, можно наметить следующие главные выводы.

1. В качестве конденсированного разреза в собственном смысле слова следует понимать случаи совместного нахождения в одном слое представителей, характерных для нескольких различных, хотя и близких по возрасту, зональных комплексов фауны или флоры.

2. Явление конденсации разреза в вышеприведенном понимании может быть вызвано замедленным, хотя в общем и непрерывным, осадконакоплением в условиях так называемых «голодающих бассейнов» (starved basins).

В американской геологической литературе это образное выражение употребляется для обозначения осадочных бассейнов, характеризующихся более маломощным разрезом отложений по сравнению с соседними областями, вследствие того что скорость погружения была значительно большей, чем скорость осадконакопления.

3. Конденсация разреза может возникать также в результате прерывистого осадконакопления, сопровождавшегося частичным растворением ранее образовавшегося осадка.

4. От конденсации разреза в строгом понимании этого термина следует отличать явление редуцированности разреза, характеризующееся аномально малой мощностью отдельных биостратиграфических горизонтов при отсутствии смещения зональных форм, присущих различным стратиграфическим уровням.

5. Фаунистический комплекс (ориктоценоз) конденсированного слоя часто представляет собой ассоциацию ископаемых, не отражающую состава прижизненного сообщества — биоценоза. В подобных ориктоценозах могут присутствовать геологически разновозрастные элементы. Е. Тозер [Toser, 1971] предложил для обозначения подобных ассоциаций ископаемых, в которых невозможно четко разграничить геологически разновозрастные элементы, термин «кладбище» (cemetery). Важной задачей биостратиграфа при изучении ориктоценозов отдельных слоев и пачек должно явиться распознавание настоящих комплексов, отвечающих былым биоценозам, с одной стороны, и «кладбищ» — с другой.

**Турбидиты.** Значительная роль в образовании смешанных как гетерофациальных, но разновозрастных, так и разновозрастных комплексов органических остатков, принадлежит турбидитам, т. е. мутьевым или суспензионным, потокам. Их отложения — турбидиты — широко распространены на дне современных морей и океанов, где образуются обычно на глубинах свыше 2000 м. Они встречаются в области материкового склона, в глубоководных океанских желобах и на склонах подводных хребтов и возвышенностей. Турбидиты иногда занимают обширное пространство на абиссальных равнинах.

Глубоководные турбидиты нередко содержат переотложенные остатки мелководной фауны и наземной флоры, снесенные мутьевыми потоками с прилегающих поднятий.

В. А. Крашенинников [1972, с. 63] приводит характерный пример турбидитов, содержащих смешанный комплекс микрофауны и микрофоссилий растительного происхождения, вскрытых при глубоководном океаническом бурении во время 20-го рейса корабля «Гломар Челленджер» в 1971 г. Скважина, пробуренная на абиссальной равнине в пределах Восточно-Марианской впадины в 15 км от подводной горы, вскрыла на глубине 6200 м толщу турбидитов мощностью около 200 м. Возраст турбидитов — от плиоцена до среднего миоцена. Турбидиты сложены в основном цеолитовыми глинами и радиолариевыми илами с прослойками вулканических пеплов. В них встречаются обломки уплотненных нанофораминиферовых илов, микрофауна которых представляет собой «хаотическую смесь организмов различного возраста (плиоцен, миоцен, олигоцен, эоцен)».

Как указывает В. А. Крашенинников, карбонатные илы, остатки микрофауны и известкового планктона сносились турбидными потоками с возвышенностей морского дна.

Турбидиты, несомненно, были широко распространены и в древних морях. В частности, ископаемые турбидиты составляют существенный элемент флишевых толщ. В связи с этим представляют интерес случаи обнаружения флишеидных образований в донных осадках современных морей. По данным, приводимым М. Вашичком [1955], в разрезе морского дна северо-западной части Атлантического океана на глубине 500 м обнаружены осадки флишевого типа, образованные чередующимися слоями глины и хорошо отсортированного песка с микрофауной мелководного, часто литорального облика.

Случаи переотложения органических остатков и образование фаунистических комплексов смешанного состава на дне современных морей приводятся в сводке К. Динера [1934]. Исследования проб осадков дна Немецкой бухты Северного моря, проведенные П. Пратье, показали, что далеко не всегда древний осадочный материал равномерно перекрывается более молодым. Нередко уже на глубине 20 м происходит частичный снос ранее отложившегося материала. Таким образом, по словам К. Динера, здесь может произойти вторичное отложение слоев, в которых будут встречаться более древние формы, смешанные с представителями более молодой морской фауны. В осадках Северного моря наблюдается иногда смешение современных раковин с такими, которые по возрасту относятся ко всему интервалу геологического времени, от кембрия до голоцена.

К. Динером указываются случаи, когда один слой содержит комплексы фауны, распределяющиеся в нормальных разрезах в двух или трех следующих друг за другом более или менее четко разграниченных горизонтах. Большинство таких случаев, по мнению К. Динера, обусловлено недостаточным

приносом осадочного материала. Однако вполне вероятно участие в этих случаях турбидных потоков.

Своеобразным вариантом переотложения и присутствия остатков организмов во вторичном залегании являются случаи нахождения в осадках форм, чуждых данной фации, хотя в возрастном отношении и являющихся синхронными последней. Таковы случаи заноса реками в дельты и приустьевые части моря костей наземных позвоночных и остатков наземных растений. Примером может служить описанный в американской литературе случай совместного нахождения в одном пласте неогеновых осадков раковин мелководных морских моллюсков, костей дюгоня и верблюда.

К. Данбар описывает интересное явление заноса в современные морские илы Большой Багамской банки наземных улиток, сдуваемых ветрами с ближайших островов. Известно, что раковинки фораминифер, скопления которых образуют пляжевые пески на побережьях Красного и Средиземного морей, нередко при осушении пляжа развеиваются и уносятся ветрами далеко в глубь материка и могут присутствовать в отложениях пустынь. В настоящее время установлено широкое распространение заноса ветрами пылицы наземных растений в области открытого моря, чем обусловлено нахождение пылицы даже в глубоководных осадках современных морей и океанов. Последнее объясняет нам причину и ставшего в настоящее время обычным нахождения миоспор наземных растений в морских отложениях различных геологических периодов.

Особым случаем возникновения смешанных фаунистических комплексов является захоронение перемытых ископаемых (или субфоссильных) форм в современных осадках совместно с рецентными представителями той же группы. Примером этой категории служат отмеченные Г. И. Поповым [1956] и Н. Н. Найденой [1962] случаи распространения в современных осадках Каспийского моря переотложенных комплексов микрофауны. Н. Н. Найдина рассматривает случаи смешения рецентных остракод и субфоссильных остракод, переотложенных из новокаспийских отложений. Это связано с тем, что в условиях авандельты Волги новокаспийские отложения местами перекрываются образующимися в наши дни дельтовыми осадками, а местами подвергаются размыву, причем возможна их аккумуляция и в районах Каспия, более удаленных от дельты.

Известны и другие подобные случаи нахождения в прибрежных осадках современных морей раковин субфоссильных и ископаемых моллюсков, происходящих из береговых выходов отложений различного возраста.

Заканчивая на этом обзор случаев, осложняющих применение палеонтологического метода в стратиграфии, и фактов, их обуславливающих, авторы отдают себе отчет в возможности различного отношения к материалу этой главы. В частности,

не исключено, что обилие осложняющих моментов и трудность их распознавания могут произвести на некоторых читателей невыгодное впечатление. В самом деле, может показаться, что биостратиграфа подстерегает так много непредвиденных случайностей, что палеонтологическому методу следует предпочесть другие, более точные и страхующие от ошибок, методы. Эта глава может оказаться важным аргументом для тех, правда, по-видимому, немногих геологов, которые склонны считать палеонтологический метод устаревшим и заслуживающим сдачи в архив. Однако авторы полагают, что, заостря внимание читателя на «подводных камнях и рифах», подстерегающих биостратиграфа, они укрепляют позиции палеонтологического метода. Задача этой главы — показать опасность излишней прямолинейности и догматизма, которые в вопросах стратиграфии столь же чреваты нежелательными последствиями, как и в любой области знания. Возможность предвидения ошибок позволяет если не избежать их, то по крайней мере с наименьшим ущербом преодолеть.

## 6

### КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПРИ СТРАТИГРАФИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Из обзора методов стратиграфических исследований, приведенного в предшествующей главе, следует, что ни один из этих методов не является универсальным для решения всех разнообразных задач, стоящих перед стратиграфией. Мы видим, что одни методы оказываются эффективными при сопоставлении соседних разрезов, другие — при более отдаленных корреляциях. С другой стороны, как правило, возникает необходимость проверки результатов, полученных одним из методов, данными по другим способам расчленения и сопоставления разрезов. Таким образом, обычно для получения надежных выводов оказывается необходимым сочетание ряда методик.

Рассмотрим для примера задачу сопоставления разрезов в пределах единого бассейна седиментации, разрез которого сложен чередующимися песчаниками, глинами и карбонатными породами (рис. 6.1). В отдельных частях этого бассейна (разрезы А—Г) выделен ряд свит и проведено их сопоставление. Однако на рис. 6.1, 1 видно, что один лишь вещественный состав пород не позволяет определить, с какой свитой глин в разрезе Б следует сопоставлять верхнюю глинистую свиту разреза А или с какой свитой известняков в разрезе Б коррелируются известняки разреза В и т. п. Обобщая все эти случаи, логично сделать вывод, что исходя только лишь из литологических признаков свиты нельзя составить исчерпывающее представление о ее ареале, форме и взаимоотношениях с другими свитами. Уточнение этих важнейших параметров литостратонов возможно прежде всего с помощью данных биостратиграфии.

Обращаясь к рассматриваемому примеру, нетрудно убедиться, что массовые определения фауны (обычно бентосных организмов) позволяют выделить в каждом разрезе ряд последовательных биостратиграфических подразделений с характерными для них фаунистическими комплексами и путем прослеживания этих подразделений сопоставить большинство свит в разрезах А—Г, исправить прежние неверные корреляции (например, при сопоставлении разрезов Б и В).

Однако состав фаунистических комплексов, особенно представленных организмами, тесно связанными с дном, значи-

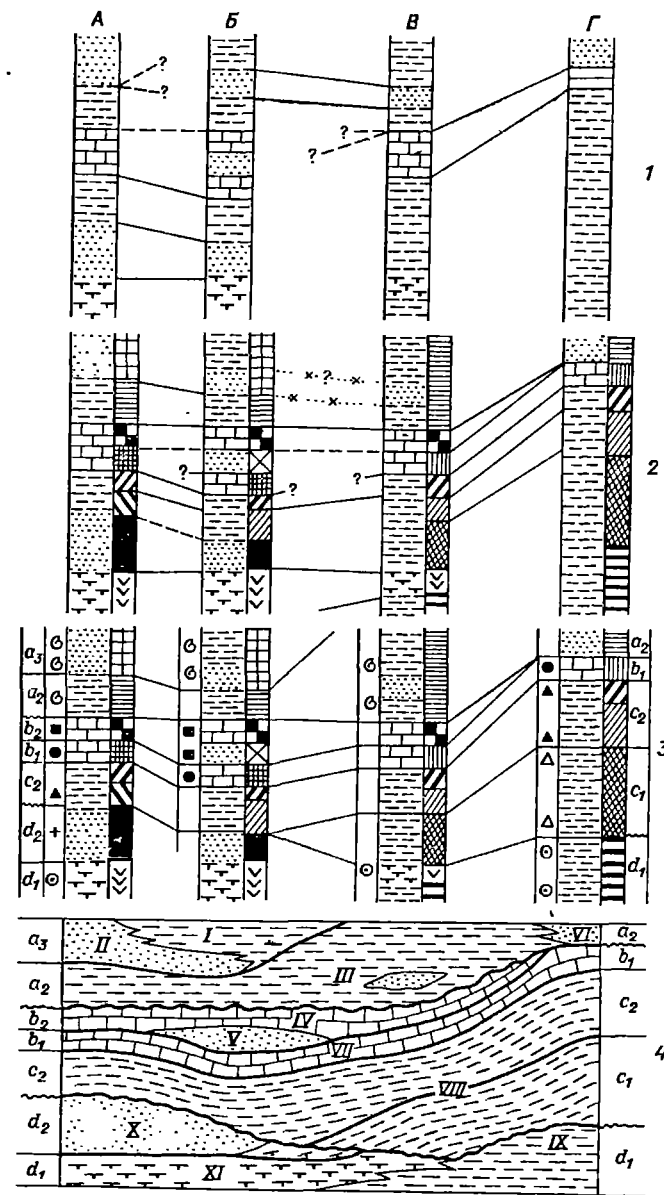


Рис. 6.1. Схема последовательного использования лито-, био- и хроностратиграфических единиц при стратиграфических сопоставлениях.

1 — литостратиграфические корреляции; 2 — уточнение литостратиграфических корреляций с помощью биостратиграфических подразделений; 3 — конечная корреляция с использованием всех трех категорий стратонов; 4 — геологический профиль по результатам конечной корреляции. А, Б, В, Г — разрезы;  $a_1, a_2, a_3$  и т. д. — подразделения. Справа от колонок — комплексы парафауны, слева — комплексы ортофауны. Жирные линии на профиле — хроностратиграфические границы.

тельно зависит от фациальной обстановки и может существенно меняться в связи с изменениями фаций. Причем эти изменения происходят как в пространстве, так и во времени. Кроме того, при сопоставлении удаленных разрезов проявляются даже в пределах одного бассейна палеозоогеографические отличия фаунистических ассоциаций, обусловленные более общими причинами (климатические барьеры, изоляция и т. п.). Так, например, в верхнекелловейских отложениях центральной части Западной Сибири комплекс аммонитов включает представителей родов *Kosmoceras* и *Peltoceras*, в то время как в северной части этого обширного региона в комплексе аммонидей остаются только *Quenstedtoceras* и *Longaeviceras*. Поэтому, как уже отмечалось, в общем виде биостратиграфические данные не всегда могут обеспечить надежное сопоставление разнофациальных толщ и зачастую также оказываются недостаточными при корреляции далеко отстоящих разрезов, а границы биостратиграфических подразделений могут быть диахронными. Так, на рис. 6.1, 2 мы видим, что, несмотря на исчерпывающую палеонтологическую характеристику разрезов, имеющиеся материалы не позволяют уверенно устанавливать стратиграфические соотношения в нижней части рассматриваемой серии.

Таким образом, для сопоставления отдельных биостратиграфических подразделений и оценки их возрастного диапазона (т. е. степени их изохронности) оказывается необходимым сравнить их с определенным эталоном, т. е. ввести в рассмотрение еще одну категорию — стандартные стратонады, которые устанавливаются на основании ортофаун и позволяют применять методы хроностратиграфической корреляции.

Использование хроностратиграфических подразделений позволяет оценить возраст, а следовательно, и определить соотношения ранее несопоставимых биостратиграфических подразделений (рис. 6.1, 3). Теперь оказывается возможным не только обоснованное сопоставление всех свит, но и определение их соотношений и установление полноты любого разреза (рис. 6.1, 4).

Таким образом, совместное применение литостратиграфического и различного рода биостратиграфических методов при достаточно полном материале позволяет составить исчерпывающее представление о строении осадочной толщи любого сколь угодно обширного региона. С другой стороны, мы видим, что совместное использование этих методик является, в сущности, и единственным способом решения поставленной задачи.

При сужении или расширении этой задачи значение отдельных методов в общем комплексе исследований изменяется. Так, если ограничиться лишь частью бассейна седиментации (в нашем случае, например, участок В—Г), то основными методами сопоставления разрезов здесь будут литологический и биостратиграфический (а на закрытых территориях еще и каротаж), в то время как значение хроностратиграфических исследований

будет весьма ограниченным. Если рассматривать еще более ограниченный район, то для детального сопоставления разрезов, например при крупномасштабных съемках, недостаточно чувствительными оказываются и обычные биостратиграфические методы и, напротив, очень хорошие результаты дает использование различного рода биостратомических и палеоэкологических наблюдений. В пределах же закрытых районов, бесспорно, основным методом детальных сопоставлений близко расположенных разрезов является комплекс геофизических исследований в скважинах. Напротив, по мере расширения масштабов корреляции, все большее значение приобретают методы хроностратиграфии.

Палеомагнитные стратиграфические исследования принципиально применимы при всех видах сопоставлений. Их использование ограничивается лишь недостатком общепринятых данных для глобальных корреляций, наличием пород, для которых еще не могут эффективно применяться палеомагнитные измерения, и большой трудоемкостью самого метода. Несмотря на то что палеомагнитные данные, бесспорно, имеют самостоятельное значение, особенно эффективным является сочетание палеомагнитных исследований с другими методами стратиграфических работ. Так, например, совместное изучение остаточной намагниченности древних толщ и заключенных в этих толщах акритарх позволило Г. А. Поляковой, В. А. Рудавской и В. П. Родионову [1978] обосновать рифейский возраст нефтеносной толщи на Куомбинской структуре (Тунгусская синеклиза), причем в этом случае палинологические и палеомагнитные данные удачно дополняли друг друга, компенсируя таким образом ограниченность каменного материала. Не менее эффективным оказалось сочетание палеомагнитных и ритмостратиграфических исследований при изучении четвертичных отложений и т. д.

Практическое использование радиологической хронометрии имеет значение прежде всего для широких сопоставлений и датировок древних толщ. Наряду с этим использование прежде всего радиоуглеродного метода в сочетании с ритмостратиграфическими методами и с данными о периодических изменениях флористических и фаунистических ассоциаций в связи с изменениями климата позволяет широко использовать эти данные на всех уровнях стратиграфических корреляций четвертичных отложений. Разумеется, приведенные соображения лишь в самой общей форме показывают значение отдельных стратиграфических методик для решения конкретных задач. В практической геологии очень часто возникают потребности в акцентировании усилий стратиграфов на использовании таких методов, которые в обычных условиях, казалось бы, не должны быть особенно эффективными. Так, например, изучение и датировка изолированного выхода келловей у г. Папиле (Литовская ССР) дало огромную информацию о юрском этапе истории Южной

Прибалтики [Boden, 1911]. Здесь хроностратиграфическое изучение изолированного разреза оказалось главным.

Предпринятое М. А. Пергаментом [19746] изучение позднемиоценовых иоцерамид позволило наметить ряд важных хроностратиграфических корреляций с использованием группы, традиционно применявшейся лишь для биостратиграфических сопоставлений. Широкое развитие в Западной и Средней Сибири комплекса фораминифер с *Gaudryina filiformis* (Berth.) дало возможность надежно выделить и проследить на всей этой обширной территории туронские отложения; выдержанный литологический состав и экзотические геофизические свойства баженновской свиты Западной Сибири оказались достаточным основанием для удовлетворительного прослеживания в большинстве разрезов этого литологического тела по данным электрокаротажу на площади более 1 млн. км<sup>2</sup> и т. д.

Удельное значение отдельных методов стратиграфических исследований для конкретных геологических работ и наиболее рациональные пути комплексирования этих методов иллюстрируются в табл. 6.1. При этом говоря о комплексном использовании различных методик стратиграфических исследований, мы имеем в виду, что такое комплексирование позволяет получать более надежные корреляции, следовательно, дает возможность объективного выявления взаимоотношений выделенных пачек и толщ.

В то же время выделение единого стратона по сумме данных, полученных разными методами, как правило, оказывается некорректным. Прослеживание тоарского яруса в Западной Якутии, который по ряду левых притоков р. Вилюй представлен очень характерной глинистой пачкой, в центральные районы Вилюйской синеклизы и в центральную часть Приверхоанского прогиба по этому принципу оказалось ошибочным, так как более углубленное изучение показало, что здесь глинистая пачка имеет уже ааленский возраст.

Многочисленные попытки совмещения границ свит с границами слоев, установленных по фораминиферам, двустворкам, брахиоподам и т. п., также очень часто оказывались несостоятельными. С другой стороны, не менее часто биостратиграфы искусственно делят единый фаунистический комплекс, стараясь совместить стратиграфические диапазоны отдельных его частей, например, с границами аммонитовых зон или с границами отдельных характерных пачек. В основе таких операций лежит в общем вполне логичное допущение о существовании достаточно тесной связи обстановок осадконакопления с условиями существования фаунистических и флористических сообществ и о связи отдельных группировок внутри этих сообществ. Однако этот принципиально верный тезис нельзя прямолинейно переносить в практику стратиграфических исследований, огромный опыт которых показывает, что связи биоты со средой обитания

Таблица 6.1

Значение отдельных методов стратиграфических исследований при решении конкретных геологических задач

Цель исследования	Масштаб корреляции, км	Методы исследования							
		Литологические и геохимические	Геофизические (каротаж)	Ритмостратиграфические	Магнитостратиграфические	Радиологическая хронометрия	Биостратиграфические		
							Хроностратиграфической корреляции и датировки	Биостратиграфической корреляции	Палеоэкологические и биостратиграфические
Глобальные нестатические корреляции	$(1+10) \cdot 10^3 - (1+4) \cdot 10^4$			++ <sup>1</sup>	++ <sup>2</sup>	++ <sup>3</sup>	++		
Региональные корреляции	$(1+10) \cdot 10^2 - (1+4) \cdot 10^3$ $(1+4) \cdot 10^2$	++	++	++ <sup>1</sup>	++ <sup>2</sup>	++ <sup>3</sup>	++	++	+
Местные корреляции	1—10 <sup>2</sup>	++	++	++	++ <sup>2</sup>			+	++

<sup>1</sup> Для квартала.

<sup>2</sup> Для пород, сохранивших определенные значения остаточной намагниченности.

<sup>3</sup> Для докембрия и квартала.

Знаком ++ отмечено ведущее значение метода для поставленной задачи, знаком + показана возможность получения удовлетворительных результатов в сочетании с другими методами.

и развитие отдельных группировок внутри биоты находятся в гораздо более сложных отношениях, которые, как правило, и приводят к необходимости независимого выделения различных категорий стратиграфических подразделений. Столь же опасно и априорное отрицание любой возможности совпадения границ стратона разных категорий. В качестве очень наглядного примера можно привести сланценовую пачку волжского яруса европейской части СССР, которая на огромном расстоянии от Сызрани до бассейна р. Печоры приурочена к зоне *Dorsoplanites panderi* и содержит, кроме того, характерные комплексы бухий, белемнитов и фораминифер. Здесь, как мы видим, практически совпадают границы хронозоны, биостратиграфических зон и литологической пачки.

Все сказанное позволяет сделать вывод, что именно независимое выделение различных категорий стратиграфических подразделений дает возможность наилучшим образом использовать их в комплексе для получения надежных корреляций любого масштаба.

## ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ УСТАНОВЛЕНИЯ ГРАНИЦ И ОБЪЕМОВ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Объемы и границы стратонаов тесно связаны в сознании геологов. Обычно объем стратиграфического подразделения определяется его границами<sup>1</sup> и, хотя такое определение и не вполне строго\*, оно прочно вошло в геологическую практику.

В стратиграфической литературе сложилось представление о двух подходах к установлению границ. Один, получивший название «европейского» [Жамойда А. И., Меннер В. В., 1974], заключается в признании естественности этих границ, которые являются отражением истории геологического развития региона и истории развития фауны и (или) флоры соответствующего седиментационного бассейна. Другая точка зрения («американская») состоит в установлении границ исходя из соображений удобства в практической работе. Однако, как показал С. В. Мейен [1974 а, б], «удобство» границы всегда определяется тем, что она имеет четкое выражение в разрезе, т. е. как раз и отражает этапность развития региона. С другой стороны, само понятие «естественности» нельзя считать абсолютным: для геолога-съемщика выдержанная поверхность размыва, подчеркнутая базальным конгломератом, является идеальной «естественной» границей, а для стратиграфа, цель работ которого заключается в выявлении непрерывной последовательности горизонтов, такая граница является признаком нарушения этой

\* Действительно, для того чтобы объем стратона точно определялся его границами, необходимо прежде всего установление этих границ независимо от границ подстилающего и перекрывающего стратонаов. В противном случае размывы в подошве и кровле рассматриваемого стратона могут обусловить различные его объемы в отдельных регионах. Так, например, нижняя граница оксфордского яруса в его стратотипической местности (Южная Англия) может быть определена по появлению первых кардиоцерасов (скарбургирасов), а верхняя устанавливается по появлению пиктоний и амелитесов в основании кнмериджа. Эти соотношения выдерживаются в бассейне р. Анабар, где, однако, отсутствует почти весь верхний оксфорд. Строгое же определение и нижней и верхней зоны яруса, по мнению английских геологов, может привести к излишней жесткости стратиграфической шкалы, и в частности к невозможности учета его новых горизонтов, отсутствующих в стратотипической местности. Но даже если определять и нижнюю и верхнюю границы стратонаов, объемы их в частных разрезах могут существенно разниться из-за размывов в средней части.

естественной последовательности. Понятие «естественности» имеет, таким образом, четкую зависимость от целей исследования.

По мнению многих геологов, естественность границ иногда подтверждается совпадением ряда факторов: «стратиграфические подразделения следует выделять так, чтобы они соответствовали реальным историческим этапам геологического развития Земли в целом или отдельных ее регионов. Причем они должны базироваться на совокупности всех признаков, объективно отражающих этапы исторического хода развития Земли. Поскольку эволюция органического мира, ее направления, темп и условия находятся в теснейшей зависимости от состояния направленного развития абиотических факторов среды, явления физического характера... имеют первостепенное значение для определения по крайней мере главных стратиграфических рубежей, стратиграфической классификации в целом. Однако практически мы используем в стратиграфии в большинстве случаев не эти явления... а зависимые от них изменения в составе органического мира — палеонтологические данные» [Стратиграфическая классификация... 1965, с. 15, 16].

Действительно, влияние абиотических факторов среды на общий состав биоты несомненно. Это влияние, однако, столь опосредовано, что говорить о совпадении, скажем, изменения литологии и состава фаунистических комплексов как признаке естественной границы представляется очень рискованным. Так, например, на р. Оке в районе Старой Рязани глауконито-фосфоритовые песчаники нижнего мела ложатся с резкой границей на верхнеюрские глины. Эта граница является также исключительно резким фаунистическим разделом. Однако верхнеюрский разрез в этом районе завершается нижними горизонтами верхнего оксфорда. Всего в нескольких десятках километров к северо-западу нижнемеловые слои залегают уже на верхневолжском подъярусе, и здесь граница юры и мела устанавливается чрезвычайно трудно. Таким образом, достаточно часто совпадение на определенных рубежах литологических, палеогеографических, фаунистических изменений объясняется вторичными геологическими явлениями, прежде всего размывами. Такие резкие границы, конечно, имеют важное значение для работ на ограниченной территории, но им ни в коей мере нельзя придавать региональный и тем более универсальный ранг.

Поэтому нам представляется, что резкое противопоставление «европейской» и «американской» традиций установления стратиграфических границ обусловлено в значительной мере полемикой, связанной с тем, что американские стратиграфы с большим трудом воспринимали общую хроностратиграфическую шкалу, разработанную в Европе. По мере того как эта шкала все шире внедряется в практику американских геологов (а существование такой тенденции неоспоримо), будут исчезать

и преимущественно терминологические отличия европейской и американской традиций.

В целом можно полагать, что наиболее объективно стратиграфические границы в зависимости от цели исследования устанавливаются по какому-либо одному ведущему признаку, причем изменения этого признака, по которым и устанавливается граница, отвечают в ряде случаев определенным рубежам в геологической истории и (или) истории отдельных групп фауны или флоры достаточно обширных регионов.

Изучение осадочных толщ некоторых, в первую очередь геократических, периодов привело ряд геологов к выводу о том, что вообще крупные стратиграфические границы, подобные границам между системами, имеют не линейный, а объемный характер. Так возникла идея «переходных слоев», включающих отложения, которые нельзя отнести ни к одной из смежных систем или более мелких стратонов (отделов, ярусов и даже подъярусов). Примерами подобных «переходных слоев» являются «пермо-триас», «рэт-лейас» и т. п. В отечественной литературе это представление было наиболее полно разработано Л. Л. Халфинным [1964, 1970], который считал наличие таких слоев естественным, подчиняющимся специальному «правилу Фреха». Критика идеи «переходных слоев» проведена в работах Л. С. Либровича [1948], Д. Л. Степанова [1958], С. В. Мейена [1974а], и мы не будем на ней останавливаться. Заметим только, что, как указывали все критики этой идеи, «переходные слои» ставят стратиграфов перед необходимостью обсуждать две границы вместо одной. Важнее, однако, понять причину возникновения такой идеи, заключавшуюся в том, что на границах ряда систем, отделов и ярусов появляются фауны или флоры, которые нельзя отнести ни к одному из рассматриваемых стратонов.

Действительно, триасовая система — это период цератитов, но сами цератиты появляются уже в перми; юрская и меловая системы выделяются как время аммонитов, но отличия аммонитов в пограничных слоях юры и мела в общем очень незначительны, а в самых верхах мела аммониты становятся настолько редки, что обосновать по их исчезновению границу мела и палеогена практически невозможно, и т. д. Аналогичные примеры, связанные с менее крупными таксономическими группами древних организмов, можно привести для большинства отделов и даже ярусов фанерозоя. Иными словами, хотя все хроностратиграфические подразделения могут быть охарактеризованы как этапы развития определенных таксонов древних организмов, границы этих этапов и границы стратонов, как правило, не совпадают (см. 5.2.7). Добавим к этому, что вследствие различия геологического развития отдельных регионов, особенностей эволюции и специфики миграции групп фауны и флоры границы этапов развития этих групп вообще имеют неправильные контуры, т. е. на языке стратиграфии являются диахронными.

Таким образом, стратиграфы, изучающие фанерозой, оказались перед невероятно сложной дилеммой: границы хроностратиграфических подразделений могут быть однозначно установлены и прослежены исходя из их палеонтологической характеристики, и в то же время границы этапов развития древних организмов не совпадают (и не могут совпадать) с границами стратонов. Собственно именно этим и объясняются все дискуссии о границах систем и других подразделений. Следовательно, опираясь только на состав фаунистических или флористических ассоциаций, нельзя установить границы хроностратиграфических подразделений. Поскольку в качестве дополнительных аргументов нельзя привлекать геологические события (трансгрессии и регрессии, диастрофизм и т. д.), так как подобные рубежи неизбежно связаны с частичной утратой непрерывности разреза, остается только возможность установления границ путем определенных регламентаций. Подобные регламентации были разработаны в первую очередь В. Аркеллом [Arkell, 1946, 1956], который указал три принципа выбора названия и объема стратонов\*: приоритет, пригодность и удобство в практической работе.

Наибольшее значение из этих принципов имеет приоритет. Действительно, если рассматривать стратиграфическое подразделение в объеме, максимально приближенном к тому, в каком он был первоначально выделен, то отпадают многие дискуссионные моменты. Однако большинство систем, отделов и ярусов были выделены в то время, когда требования к четкости определения их границ были намного менее жесткими, чем в настоящее время. Поэтому при дальнейших исследованиях эти границы уточнялись, несколько сдвигались, и теперь, например, для юрской системы практически все границы ярусов и отделов отличаются от первоначально установленных А. д'Орбиньи и Л. фон Бухом. С другой стороны, и само толкование приоритета не всегда бывает однозначно, как это имеет место, например, для нижнего яруса меловой системы и, следовательно, для установления границы юры и мела. Поэтому все чаще высказывается мнение о том, что приоритет охраняет только название, но не объем стратона. Однако приоритет очень тесно связан с употребляемостью, т. е. исторически сложившимся представлением о положении той или иной границы, и, таким образом, несомненно, оказывает влияние на выбор положения границы.

Регламентирующим фактором является и стратотип, но, поскольку стратотипы имеются лишь у относительно мелких стратонов (ярус, зона), их влияние на определение границ отделов

\* Эти правила (по В. Аркеллу, компромиссные) были предложены для ярусов, но сам В. Аркелл распространил их и на отделы юрской системы (например, включение келловей в среднюю юру).

и систем, даже в тех случаях, когда стратотипы представлены очень полными разрезами, достаточно ограниченно. В то же время сама идея стратотипов была использована для разработки наиболее важного в современной стратиграфии способа установления объемов стратиграфических подразделений путем выбора стратотипов их границ. Стратотипы границ систем (и отделов) устанавливаются путем соглашений геологов разных стран. Из всех возможных вариантов выбирается тот, который обеспечивает прослеживание границы на возможно большие расстояния при однозначной ее трактовке\* и в то же время находится возможно ближе к первоначальному определению этой границы. Установление стратотипов границ всегда связано с международными соглашениями, коль скоро речь идет о границах систем. В этом заключается большая действенная сила таких границ, ибо они сразу принимаются геологами разных стран. Но, конечно, этим соглашениям нельзя придавать окончательное значение: вполне вероятно, что новые геологические соображения, введение в рассмотрение новых групп древних организмов могут со временем привести к пересмотру уже достигнутых решений. Однако и в этом случае новые решения о стратотипе границ также будут общими и также быстро войдут в геологическую практику, хотя эти перемены и неизбежно вызовут болезненную ломку представлений геологов и повлекут, быть может, существенную перестройку многих важнейших геологических документов, и прежде всего геологических карт.

\* Легко увидеть в этом условии выражение третьего принципа В. Аркелла — удобства, который заключается в выборе границ стратона, обеспечивающих наибольшие возможности его прослеживания в разных регионах.

## 8

### КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

#### 8.1. СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

Стратиграфические единицы представляют собой подразделения толщ пород земной коры, параллельные, как правило, поверхности наслоения этих отложений. Хотя стратиграфия базируется в первую очередь на осадочных толщах, в орбиту ее исследований нередко включаются также вулканические и метаморфические породы.

Расчленение осадочной толщи земной коры и выделение в ней стратиграфических единиц могут производиться и действительно осуществляются на основе различных принципов. Как указывалось выше, выделение стратиграфических подразделений может быть основано на изменениях литологического состава, на палеонтологических данных, минералогической характеристике, электрическом сопротивлении пород, спонтанном электрическом потенциале, радиоактивности, химическом составе, передаче сейсмических волн и других физических свойствах. В основу стратиграфического расчленения могут быть положены такие признаки, как непрерывность отложений и несогласия, цикличность осадконакопления и другие особенности.

В соответствии с тем или иным подходом к выделению стратиграфических подразделений меняется и сущность последних.

Как показали, по-видимому, впервые Г. Шенк и С. Мюллер [Schenk, Müller, 1941] и как это было принято в дальнейшем Стратиграфической комиссией США, существуют следующие три основные категории стратиграфических подразделений: хроностратиграфические, биостратиграфические и литостратиграфические (литогенетические). Эти категории в настоящее время приняты большинством американских и многими западноевропейскими стратиграфами [Жамойда А. И., Ковалевский О. П., Моисеева А. И., 1969], в последнее время в несколько измененном виде эта точка зрения нашла свое отражение в Международном стратиграфическом справочнике (табл. 8.1).

Преимущества этой классификации заключаются прежде всего в ее простоте, а также в том, что она хорошо отражает различные масштабы геологических исследований: для локаль-

Таблица 8.1

**Категории и подразделения стратиграфической классификации**  
(Международный стратиграфический справочник, 1978)

Стратиграфические категории	Основные стратиграфические подразделения	Эквивалентные геохронологические подразделения
Литостратиграфическая	Группа Формация Пачка Пласт	
Биостратиграфическая	Биозоны: зоны комплексов, зоны распространения (разного типа), зоны расцвета, интервалы, другие типы биозон	
Хроностратиграфическая	Эонотема Эратема Система Отдел Ярус Хронозона	Эон Эра Период Эпоха Век Хрон
Другие стратиграфические категории (минералогические, экологические, сейсмические, магнитные и др.)	Зоиа (с соответствующей приставкой или прилагательным)	

ных работ часто достаточно бывает литостратиграфических подразделений, увязка последних в рамках региона производится с помощью биостратонов, датировка осадочных толщ, определение положения местных и региональных стратонов в общей структуре осадочной оболочки Земли, установление полноты разрезов и реконструкция геологической истории какого-либо участка земной поверхности в общепринятых и общепонятных терминах возможны только с применением хроностратиграфических единиц. Наконец, различного рода стратоны, установленные по минералогическим, геохимическим и другим параметрам и имеющие, как правило (за исключением некоторых сейсмостратиграфических построений), сугубо местное значение, рассматриваются отдельно, в сущности, в ранге вспомогательных категорий. Наиболее существенным недостатком рассмотренной классификации является слишком упрощенное представление о ярусе, который решительно отнесен к хроностратиграфической категории. В то же время по целому ряду систем

фанерозоя до сих пор общепринятое ярусное деление отсутствует, и это обстоятельство необходимо было оттенить показом в соответствующей категории (биостратиграфической), пусть даже временных, региональных ярусов.

Отмеченные выше категории стратиграфических подразделений нашли, по существу, свое отражение и в «Проекте стратиграфического кодекса СССР» (1970 г.), в котором выделены общие (международные) подразделения, отвечающие категории хроностратиграфических, корреляционные, которые следует рассматривать как аналог биостратиграфических единиц, и, наконец, местные (региональные) стратоны, т. е. литостратиграфические подразделения. В окончательном варианте «Стратиграфического кодекса СССР» [1977] эти идеи также нашли отражение, но в более завуалированной форме (табл. 8.2).

Классификация, принятая в «Кодексе», базируется не на способе выделения стратонов, а на степени их обоснованности и на масштабе их использования. Рассмотрим оба принципа.

В «Стратиграфическом кодексе СССР» [1977, с. 18] противопоставлены единицы комплексного и частного обоснования. Первые обоснованы единством «времени формирования горных пород, составляющих стратиграфическое подразделение на всей площади его распространения в пределах установленного

Таблица 8.2

**Стратиграфическая классификация, принятая в «Стратиграфическом кодексе СССР» [1977]**

I. Основные стратиграфические подразделения комплексного обоснования		
Категория общих стратиграфических подразделений	Категория региональных стратиграфических подразделений	Категория стратиграфических подразделений
Эонотема Эратема (группа) Система Отдел Ярус Зоиа Звено	Горизонт  Лона (провинциальная зона)	Комплекс Серия Свита

**II. Стратиграфические подразделения частного обоснования**

Категория зональных биостратиграфических подразделений: биостратиграфические зоны разных видов

**III. Вспомогательные стратиграфические подразделения**

Категория литостратиграфических подразделений: толща, пачка, пласт (слой), маркирующий горизонт

Категория биостратиграфических подразделений: слон с фауной (флорой)

(выбранного) стратиграфического объема», и самостоятельностью «этапа геологического развития земной коры или отдельного ее участка, которому отвечает данное стратиграфическое подразделение». Вторые выделены по единичным признакам (смена фаунистических и флористических комплексов, литологические и минералогические отличия и т. п.). Однако, обратившись к практике стратиграфических исследований, мы не найдем оснований для подобных противопоставлений. В большинстве случаев, изучая какой-либо регион, геолог установит систему или ярус по характерным комплексам ортофауны, а границы этих подразделений будет прослеживать по смене фаунистических комплексов. С другой стороны, выделяя новую свиту, геолог прежде всего будет исходить из литологической общности слоев, которые включены в эту свиту.

Таким образом, установление всех категорий стратонов всегда проводилось и проводится по какому-либо одному ведущему признаку, на что неоднократно указывали отечественные стратиграфы [Степанов Д. Л., 1958; Мейен С. В., 1974а]. Другое дело, что, установив стратон по этому ведущему признаку, геолог часто обращается к прочим признакам для установления границ и прослеживания этого стратона. Так, прослеживание яруса часто невозможно без несколько искусственного совмещения его границ с наиболее близкими по уровню литологическими разделами, и напротив, границы свит в малокоонтрастных по вещественному составу сериях иногда совмещаются, как мы видели, с характерными фаунистическими горизонтами. Но эта практика применима ко всем без исключения стратонам, будь то отдел, слон с фауной или подсвита. Далее, установление стратотипов, границ систем [Соколов Б. С., 1970] и ярусов в монофацальных толщах, что в значительной мере исключает возможность существенных пропусков в разрезе, лишает эти подразделения даже в типовой местности возможности явиться эталоном «этапа геологического развития». Да иначе и быть не может, так как хроностратиграфическая шкала для того и существует, чтобы определять с ее помощью начало, конец и продолжительность геологических событий. Эти операции возможны лишь при условии, что сама шкала максимально независима от измеряемых ею событий, иначе все наши определения будут логически порочными («определение не должно делать круг»). Таким образом, противопоставление стратонов комплексного и частичного обоснования нам представляется неоправданным и, в сущности, не находит применения в практике стратиграфических работ.

Более естественной является классификация стратонов по масштабам их использования. В сущности, идея масштабности присутствует, как мы уже неоднократно отмечали, и при выделении лито-, био- и хроностратиграфических категорий. Однако нам представляется слишком рискованным классифицировать

стратоны по этому признаку. Представляется, что добиться удовлетворительной классификации при этом просто невозможно. Действительно, комплекс или серия часто прослеживаются в пределах обширных регионов (например, заводоуковская серия в Западной Сибири развита на площади более чем 2,5 млн. км<sup>2</sup>), с другой стороны, некоторые зоны установлены только на весьма ограниченной площади, иногда даже в одной точке, что никак не лишает их значения важнейшего индикатора полноты разрезов. Нетрудно заметить, что такое противопоставление региональных и местных стратонов является искусственным и, если заменить названия этих категорий, отражающим ту же идею лито- и биостратиграфических подразделений.

Близкую классификацию стратиграфических подразделений предложил В. В. Меннер [Стратиграфические подразделения, 1977]. Он соотнес основные стратиграфические подразделения с отрезками геологического времени (радиометрическими датировками) и показал, что все стратоны могут быть сгруппированы в три класса с продолжительностью  $n \cdot 10^9$ ,  $n \cdot 10^6$  и  $n \cdot 10^3$  (табл. 8.3). Однако классификация категорий стратонов также строится по принципу масштаба использования. Очень широко развернута часть, посвященная вспомогательным (частным по В. В. Меннеру) категориям стратонов, куда помимо ритмостратиграфических, геофизических и минералогических единиц отнесены также биостратиграфические и палеомагнитные зоны. Как мы видим, если исключить некоторые разночтения в названиях, классификация В. В. Меннера также (и опять-таки в неявной форме) построена на признании хроно-, био- и литостратиграфических подразделений, которые, однако, в силу несколько иного (по сравнению с американской, а в последнее время и западноевропейской классификациями) понимания природы этих категорий получили и иное название.

Вместе с тем, несмотря на сходное понимание большинством геологов основных категорий стратиграфических подразделений, существуют многочисленные расхождения во взглядах, обусловленные прежде всего различным отношением к биостратиграфическим единицам. В то время как одни стратиграфы, например А. Шоу, склонны ставить знак равенства между био- и хроностратиграфическими подразделениями, другие, и прежде всего Х. Хедберг, вообще не видят связи между этими категориями стратонов. Нам представляется, что, несмотря на перспективу развития ряда других методов хроностратиграфии, и прежде всего определения абсолютного возраста и палеомагнитных исследований, практически в настоящее время основным методом установления возраста слоев является биостратиграфический. Однако, как мы старались показать, не все биостратиграфические подразделения являются хроностратиграфическими. Поэтому разделение указанных категорий является

Таблица 8.3  
 Главные подразделения, используемые в стратиграфических работах (по В. В. Меннеру) Стратиграфические подразделения, 1977]

Хронологические				Стратиграфические					Части				Прочие	Палеомагнитные	Зона высокого сопротивления в глинах и известняках
Радиометрические, лет	Геохронологические	Длительность накопления	Глобальные (стандартные)	Региональные (историко-геологические)	Местные (литологические)	Литостратиграфические	Биостратиграфические	Палеонтологические	Литостратиграфические	Биостратиграфические	Палеонтологические	Палеомагнитные	Прочие	Палеомагнитные	Зона высокого сопротивления в глинах и известняках
10 <sup>6</sup>	Мегакрон Эон	2,0 1,0	Мегатема Эонотема	Горизонт Лона	Серия	Мегацикл	Зона совместного распространения		Зона совместного распространения		Генозона Биозона (видовая) Тейлзона Эпизоль (зона комплекса)	Палеомагнитная зона		Мегазона	Зона высокого сопротивления в глинах и известняках
10 <sup>5</sup>	Эра Период Эпоха Век Хрон	64—330 24—80 4—30 1—12 0,7—4	Эратема Система Отдел Ярус Зона (хронозона)	Горизонт Лона	Связка	Мезоцикл	Зона совместного распространения		Зона совместного распространения		Генозона Биозона (видовая) Тейлзона Эпизоль (зона комплекса)	Палеомагнитная зона		Супер-зона	Зона высокого сопротивления в глинах и известняках
10 <sup>3</sup>	Время	700—1200 140—300 60—90 14—30 5—10 2—5 2		Раздел Звено Круг Ступень Стадия Фазиал Уровень	Пачка	Ритм	Зона совместного распространения		Зона совместного распространения		Генозона Биозона (видовая) Тейлзона Эпизоль (зона комплекса)	Палеомагнитная зона		Орто-зона	Зона высокого сопротивления в глинах и известняках
					Слой	Элемент	Зона совместного распространения		Зона совместного распространения		Генозона Биозона (видовая) Тейлзона Эпизоль (зона комплекса)	Палеомагнитная зона		Субзона (событие)	Зона высокого сопротивления в глинах и известняках

оправданным. При этом наиболее детальным хроностратиграфическим подразделением является зона (оппель-зона), а к категории биостратиграфических подразделений помимо различных по методу выделения биостратиграфических зон, а также слоев с фауной должен быть отнесен региональный ярус (горизонт). Последний имеет смысл сохранить, имея в виду системы, для которых в настоящее время отсутствует общепринятое ярусное деление, например для перми, палеогена и неогена.

Необходимо отметить, что термин «горизонт», принятый в настоящее время в качестве официального (см. Стратиграфический кодекс СССР), является очень неудачным, так как под этим названием в русской геологической литературе понимается любой характерный слой или пачка. Нам представляется поэтому более удачным термин «региональный ярус». Однако, и это главное, мы считаем, что для большинства систем фанерозоя этот стратон является излишним. В самом деле, по «Стратиграфическому кодексу СССР» [1977, с. 24], «горизонт — основная таксономическая единица региональных стратиграфических подразделений. Пространственный состав горизонта определяется совокупностью разновозрастных свит, их частей или вспомогательных стратиграфических подразделений. Горизонт устанавливается на основании комплекса признаков, однако для фанерозоя главными при его установлении обычно являются палеонтологические признаки». Однако, несмотря на то что изохронные границы в принципе могут быть установлены (и часто устанавливаются) без использования хроностратиграфических подразделений, проверка степени изохронности этих границ в пределах достаточно обширного региона возможна только с помощью хроностратонов. Поэтому в большинстве случаев горизонты (региональные ярусы) являются ненужной промежуточной единицей между литостратиграфическими подразделениями и ярусами и, несомненно, компрометируют саму идею стандартных ярусов.

Поэтому горизонты трудно рассматривать в качестве «основной таксономической единицы региональных стратиграфических подразделений», а обязательность их выделения во всех системах фанерозоя представляется неоправданной. Мы полагаем, что в перспективе надобность в региональных ярусах отпадет вообще и что поэтому их именно и следует рассматривать в качестве временных стратонов.

Термин «провинциальная зона» также является неудачным, поскольку иных зон не существует независимо от того, подразумеваются ли хроно-, или биостратиграфические подразделения, установленные по одной группе фауны. С учетом сделанных замечаний нами принимается следующая классификация стратонов (табл. 8.4).

Очень существенным моментом стратиграфической классификации является независимость выделения стратонов. Совпа-

деление границ лито- и биостратиграфических подразделений, если только оно не обусловлено резкими сменами обстановок осадконакопления или перерывами, как правило, объясняется известной «подгонкой» данных, стремлением обеспечить наибольшие удобства в работе. Поэтому для получения объективных материалов для стратиграфических синтезов необходимо производить выделение свит независимо от результатов палеонтологических исследований, а, проводя последние, на первых порах давать расчленение разреза по каждой группе в отдельности, независимо от данных, полученных по другой, даже архистратиграфической группе.

Существенным моментом в классификации стратонов является вопрос о равнозначности или неравнозначности отдельных их категорий. Американский стратиграфический кодекс, равно как и Международный стратиграфический справочник, в сущности, не дают ответа на этот вопрос. Между тем, как неоднократно подчеркивал В. В. Меннер [1962, 1978] и как это отмечено во всех отечественных официальных стратиграфических изданиях, начиная с книги «Стратиграфические и геохронологические подразделения» (1954 г.) и кончая «Стратиграфическим



Классификация стратиграфических подразделений

Таблица 8.4

Категория стратонов	Стратоны	Геохронологические эквиваленты
I. Хроностратиграфические подразделения	Эонотема Эратема (группа) Система Отдел Ярус Зона (хронозона)	Эон Эра Период Эпоха Век Хрон (зональный момент)
II. Биостратиграфические (корреляционные) подразделения	(Региональный ярус-горизонт) Биостратиграфические зоны Слой с фауной	
III. Литостратиграфические подразделения	Серия Свита Пачка Слой	
IV. Прочие подразделения (геофизические, геохимические, минералогические и т. п.)	Зона (с соответствующим определением)	

кодексом СССР» [1977], отдельные категории стратиграфических подразделений не могут считаться равнозначными. Действительно, как бы детально ни была разработана схема литостратиграфического деления какого-либо района, как бы надежно ни были скоррелированы с помощью биостратиграфических подразделений отдельные свиты и пачки, изучение разрезов в этом районе в принципе будет продолжаться до тех пор, пока не будет установлено соотношение его серий и свит с хроностратиграфической шкалой, так как лишь после этого станет понятным положение этого района в общей структуре осадочной оболочки Земли.

## 8.2. ЛИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Рассматриваемая ниже категория стратиграфических единиц характеризуется тем, что в основу выделения последних положен в качестве ведущего признака литологический состав отложений с учетом закономерностей накопления осадков (характер переслаивания разных типов пород, цикличность седиментации и т. д.). В отличие от хроностратиграфических и часто биостратиграфических подразделений литостратиграфические единицы представляют собой комплексы отложений, имеющие, как правило, реальное, физически выраженное ограничение в слоистых толщах, а их объемы остаются неизменными, независимо от возможного различия точек зрения на их геологический возраст.

Это обстоятельство позволяет широко использовать выделения литостратиграфических единиц в повседневной практической работе при геологической съемке, поисках и разведке месторождений полезных ископаемых, так как реальность границ между подобными стратиграфическими единицами является определенным преимуществом перед условными в некоторой мере границами хроностратиграфических, а отчасти и биостратиграфических подразделений.

Литостратиграфические подразделения в принципе безразличны к временным границам (изохронам). Границы литостратиграфических единиц могут совпадать, а могут и не совпадать с изохронами, причем, по мнению как зарубежных (Международный стратиграфический справочник, 1978 г.), так и многих отечественных стратиграфов [Степанов Д. Л., 1958; Гурари Ф. Г., Халфин Л. Л., 1966, 1969; (Келлер Б. М., 1977 г.) и др.], последняя ситуация является более часто встречающейся.

### 8.2.1. Свита

Основной, получившей всеобщее признание в отечественной геологии литостратиграфической единицей является свита. В качестве свиты обычно принято выделять комплекс отложе-

ний, либо однородных в литологическом отношении, либо представляющих собой определенное чередование нескольких типов пород, либо объединенных каким-нибудь дополнительным признаком (окраска, характерные включения, однородность косо́й слоистости и т. п.). В некоторых случаях в качестве свиты выделяется часть мощной однородной толщи, ограниченная характерными маркирующими или фаунистическими горизонтами.

При выделении свит следует учитывать генетический принцип, относя к той или иной свите отложения, принадлежащие к одному циклу седиментации, и приурочивая по возможности границы свит к проявлениям тектонических движений. Как правило, свиты объединяют отложения сходного генезиса. Во всяком случае нежелательно соединение в одной свите морских и континентальных отложений. Свита не должна заключать отложения, разделенные значительным перерывом или региональным размывом. Практически в большинстве случаев перерывы, охватывающие одну-две последовательные зоны, не фиксируются без специальных исследований и потому не могут явиться причиной разделения однородной толщи на ряд свит, однако выпадение из разреза целых подъярусов, не говоря уже о более крупных стратонах, бесспорно, должно рассматриваться как достаточное основание для такого разделения.

При наличии ископаемых остатков организмов характеристика свиты должна обязательно включать соответствующие палеонтологические данные, которые, в частности, как уже неоднократно указывалось, могут привлекаться для опознавания и прослеживания свит. Однако при выделении свит и установлении границ между ними на первое место в подавляющем большинстве случаев выдвигаются литологические, а не палеонтологические признаки. Это обстоятельство допускает выделение свит в осадочных толщах, не содержащих ископаемых остатков организмов. Не следует поэтому объединять в одну свиту отложения разного литологического состава, даже если на основании палеонтологических данных они являются практически одновозрастными. В то же время при выделении свит необходимо учитывать, что свита на всем своем протяжении может объединять отложения, возрастной интервал которых изменяется по простиранию.

В дополнение к многочисленным примерам, иллюстрирующим это положение, рассмотрим границу краснопорожской и шуминской свит нижнего кембрия в Игарском районе в трактовке А. Ю. Розанова [1973]. Как видно на рис. 8.1, границы атдабанского и ленского ярусов секут литологический раздел между этими свитами. Обычно колебания возрастного объема свиты бывают незначительными, однако встречаются и очень существенные возрастные скольжения свит, поэтому какие-либо регламентации допустимых пределов неоднородности свит представляются неправомерными. Объем свит при сопоставле-

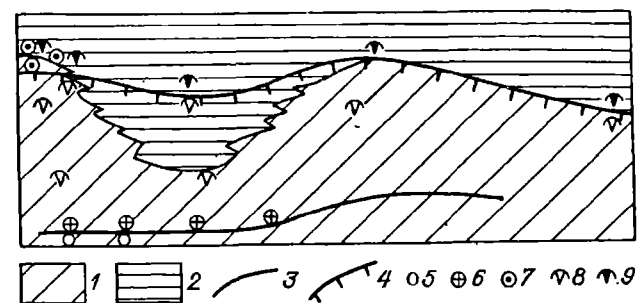


Рис. 8.1. Схема соотношения лито- и биостратиграфических подразделений в нижнекембрийских отложениях Игарского района (по А. Ю. Розанову [1973], с упрощениями).

1 — краснопорожская свита; 2 — шуминская свита; 3 — граница томмотского и атдабанского ярусов; 4 — граница атдабанского и ленского ярусов; археоциаты; 5 — томмот-ярус; 6 — атдабанского яруса; 7 — ленского яруса; трилобиты; 8 — атдабанского яруса; 9 — ленского яруса.

их с хроностратиграфическими подразделениями общей шкалы является далеко не равноценным. В одних случаях свита может соответствовать одной или нескольким зонам, в других приближаться по объему к ярусу, в третьих (в общем более редких) охватывать отделы и даже системы. Необходимо учитывать, что совпадение границ свит с границами хроностратиграфических подразделений не только не обязательно, но имеет место скорее лишь в виде исключения.

Таким образом, правильно выделенная свита представляет собой в значительной мере естественный, генетически целостный комплекс отложений, отвечающий определенному этапу развития данного геологического региона.

При выделении свиты обязательно указание ее стратотипа. Пожалуй, ни для одного стратиграфического подразделения стратотип не имеет такого определяющего значения, как для свиты. Стратотип свиты является не только вещественным хранителем ее названия, но и разрезом, по которому составляется ее диагноз. В свою очередь без достаточно четкого диагноза свиты не возможно ни однозначное проведение ее границ, ни уверенное прослеживание свиты.

На рис. 8.2, а показана свита глауконитовых песков. В стратотипе верхняя ее граница проводится в подошве вышележащей свиты глин, а нижняя граница — по кровле подстилающей свиты известняков. По мере удаления от стратотипа постепенно меняется состав как самой свиты (уменьшается количество глауконита), так и перекрывающих ее отложений. Тем не менее, выделяя свиту по главному признаку — присутствию глауконита и обусловленной этим зеленоватой окраске пород, мы можем ее прослеживать до тех пор, пока зеленые и зеленовато-серые пески с глауконитом не заместятся серыми безглауконитовыми песками.

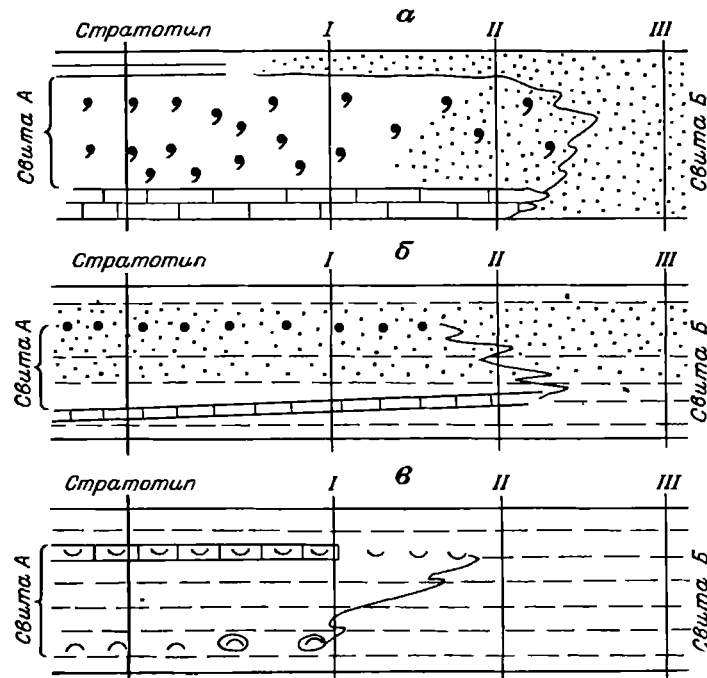


Рис. 8.2. Прослеживание свиты по ее диагностическим признакам.

*а* — свита выделена как литологическое тело; *б* — свита выделена из мощной однородной толщи как группа слоев, залегающая между двумя маркирующими горизонтами; *в* — свита выделена в мощной однородной толще между двумя фаунистическими горизонтами.

На рис. 8.2, *б* показана свита внутри мощной толщи монотонного переслаивания песков и глин. Верхней границей этой свиты является маркирующий прослой фосфоритовых желваков, а нижней — маркирующий пласт известняков. Ясно, что распространение свиты ограничено областью развития этих маркирующих прослоев. Несколько иначе выглядит прослеживание свиты, ограниченной двумя маркирующими фаунистическими горизонтами, например устричным внизу и рудистовым вверху (рис. 8.2, *в*). Такие горизонты могут быть приурочены к разного типа породам (в нашем примере — к пласту известняка, к прослою карбонатных конкреций и к глинам, замещающим эти характерные прослои по простиранию), однако в конечном итоге и в этом случае предел распространения свиты определяется контурами развития этих фаунистических горизонтов.

Все изложенное позволяет полагать, что не существует каких-либо принципиальных различий между свитами и формациями американских и западноевропейских геологов. Недавно эта точка зрения была четко сформулирована Б. М. Келлером:

«Практика геологического картирования показывает, что единицы этих шкал (отечественной и американской. — М. М.) являются настолько близкими, что в переводе на русский язык американских геологических работ вполне допустимо применять принятые у нас стратиграфические термины и именовать американскую „группу“ серией, а „формацию“ — свитой» [Стратиграфические подразделения, 1977, с. 96]. Единственное и, по-видимому, непреодолимое противоречие заключается в названиях этих литостратиграфических подразделений, поскольку в русской геологической литературе после работ Н. С. Шатского и Н. П. Хераскова под формацией понимаются парагенетические ассоциации горных пород, отвечающие определенным этапам развития крупных тектонических структур. Различна и практика наименований рассматриваемых подразделений: в отечественной литературе название двучленное, образованное географическим термином и словом «свита», например березовская свита. В американской и западноевропейской литературе название, по сути, трехчленное, состоящее из слова «формация» (хотя часто оно опускается), литологического определения (по наиболее распространенному типу пород) и географического наименования, например (формация) известняки Ратледж. В принципе последний способ наименования свит представляется более информативным.

Разумеется, при детальном изучении часто выявляется внутренняя неоднородность свит, что служит основанием для выделения более мелких стратиграфических подразделений. Большинство из них являются стратонами свободного пользования и рассматриваются в соответствующем разделе. Единственным внутрисвитным подразделением, которое определенным образом регламентируется, является подсвита. Подсвиты выделяются по литологическим признакам, подчиненным основному признаку свиты. Например, в свите переслаивания песков и глин нижняя подсвита характеризуется грубым переслаиванием (мощность отдельных пластов в среднем более 5 м), а верхняя — тонким переслаиванием (мощность отдельных пластов не более 1—2 м). Подсвиты обязательно смыкаемы, т. е. заполняют весь объем свиты. Подсвита имеет стратотип, который по определению совпадает со стратотипом свиты. Число подсвит обычно 2—3. Их названия образуются путем приставки ниже-, средне-, верхне-, названия свиты и термина «подсвита», например нижнеберезовская подсвита.

## 8.2.2. Серия

Термин «серия» большинство авторов рассматривает как крупное литостратиграфическое подразделение, охватывающее несколько последовательно залегающих свит. Применение термина «серия» в качестве литостратиграфического подразделе-

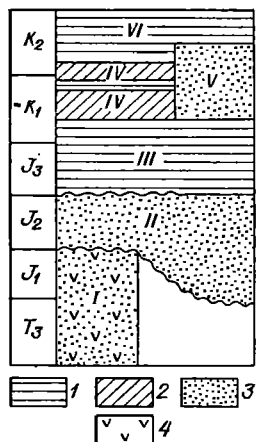


Рис. 8.3. Серии юрско-меловой толщи Западной Сибири (по Н. Н. Ростовцеву).

I — челябинская, II — заводоукская, III — полудинская, IV — саргатская, V — покурская, VI — дербышнская; 1 — морские отложения; 2 — отложения опресненных бассейнов; 3 — континентальные отложения; 4 — эффузивы и туфы.

ния осложняется тем, что слова series, série в западноевропейской и американской геологической литературе используются в качестве эквивалента русского термина «отдел», это получило формальное подкрепление в решении II (Болонского) Международного геологического конгресса. Несмотря на это, смысловое значение слова «серия» настолько удачно отражает суть этого подразделения, что термин «серия» был включен в качестве наиболее крупного местного (регионального) стратиграфического подразделения во все официальные стратиграфические классификации вплоть до „Стратиграфического кодекса СССР“.

В соответствии с практикой отечественных стратиграфических работ в качестве серии следует рассматривать мощные и сложные комплексы отложений, состоящие обычно из ряда последовательных свит. Как правило, серии либо отвечают отложениям, накопившимся в течение тектонического цикла (обычно в геосинклинальных областях), либо объединяют вертикальный ряд свит сходного генезиса (обычно на платформах). Классическим примером последнего (генетического) подхода к выделению серий служат серии в юрско-меловой толще Западной Сибири, установленные Н. Н. Ростовцевым (рис. 8.3). В этом регионе разрез сложен чередованием мощных и литологически неоднородных толщ последовательно (снизу вверх) континентального, морского, опресненного и вновь морского бассейнов. Именно эти толщи и рассматриваются Н. Н. Ростовцевым в качестве серий, причем нижняя в свою очередь была подразделена на две серии по развитию только в ее основании туфов и туфогенных пород. Необходимо отметить, что более поздняя попытка Н. Н. Ростовцева выделить серии по принципу их нефте- и газопроductивности не получила признания.

В американской и западноевропейской литературе термину «серия» соответствует термин «группа». Серия обязательно должна иметь географическое название. Ее объем определяется суммарным стратиграфическим объемом входящих в серию свит. Серии сопоставимы с отделами и системами.

Предложенный рядом геологов и нашедший отражение в «Стратиграфическом кодексе СССР» термин «комплекс» для еще более крупных стратонов, равно как и термин «над-

группа» (Международный стратиграфический справочник, 1978 г.), нам, вслед за Б. М. Келлером [Стратиграфические подразделения, 1977], представляется излишним.

### 8.2.3. Литостратиграфические подразделения свободного пользования

Среди литостратиграфических единиц свободного пользования, т. е. тех, которые «широко приняты и часто употребляются, однако... не являются ни строго обязательными, ни единственными» [Стратиграфический кодекс СССР, 1977, с. 34], наиболее употребительной является пачка.

Под пачкой понимается, как правило, относительно небольшая по мощности часть свиты, характеризующаяся некоторой общностью признаков или одним определенным признаком, что позволяет узнавать ее в разрезе (рис. 8.4, а). Пачка может быть распространена в пределах всей площади развития свиты или ее части. Наименование пачки обычно произвольно. Она может индексироваться цифрами («3-я пачка березовской свиты»), буквами («пачка а ипатовской свиты»), называться по характерным литологическим особенностям («песчаная пачка»), по положению в разрезе («средняя глинисто-алевритовая пачка»). Возможны комбинации перечисленных вариантов. Наконец, для некоторых наиболее характерных или важных в промышленном отношении пачек принимаются географические названия (например, алта-тумпская пачка абалакской свиты Западной Сибири).

Поскольку пачки отражают какие-либо характерные особенности части разреза свиты, они обычно не заполняют весь объем свиты, т. е. являются несмыкаемыми. Однако в законо-

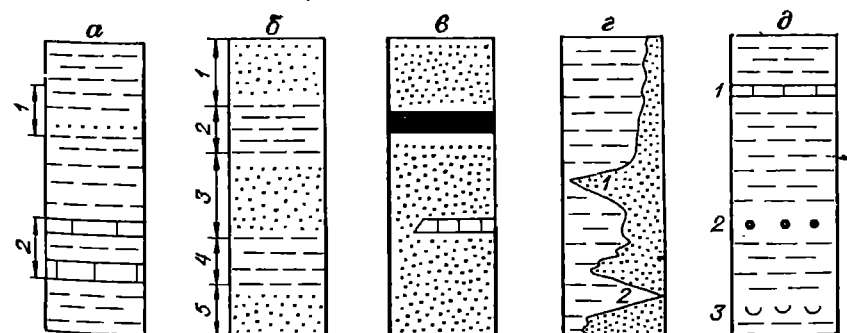


Рис. 8.4. Литостратиграфические подразделения свободного пользования. а — несмыкаемые пачки; б — смыкаемые пачки (связки); в — пласты; г — клинья; д — горизонты.

мерно построенных свитах, т. е. в свитах, сложенных чередованием, например, песчаных и глинистых пачек (рис. 8.4, б), последние заполняют весь ее объем и являются смыкаемыми. Такие пачки Б. М. Келлер [Стратиграфические подразделения, 1977] предложил называть связками. Связка, по Б. М. Келлеру, должна иметь собственное географическое название.

При выделении пачек необходимо указывать их типовые разрезы. Типовыми разрезами связок, по определению, являются стратотипы свит и в случае, если стратотип неполон, гипостратотипы этой же свиты. К числу распространенных литостратиграфических подразделений свободного пользования относятся также пласт, клин, горизонт, толща, слон.

Пласт — «литологически более или менее однородные, относительно маломощные отложения, отличающиеся какими-либо признаками и ясно отграниченные от ниже- и вышележащих пластов» [Стратиграфический кодекс СССР, 1977, с. 34] (рис. 8.4, в). Пласт распространен обычно лишь в части ареала свиты. Наименования пластов произвольны.

Клин — часть свиты относительно небольшой мощности, продолжающаяся в области распространения смежной по латерали свиты и постепенно выклинивающаяся (рис. 8.4, г). Выделение этих единиц имеет важное значение, так как позволяет уточнять взаимоотношения примерно одновозрастных свит и сокращает число географических названий.

Горизонт (маркирующий горизонт) — выдержанные и залегающие на определенном стратиграфическом уровне маломощные отложения, выделяемые по характерным особенностям слагающих пород или характерным ископаемым остаткам организмов (рис. 8.4, д).

Толща — «совокупность геологических образований, характеризующаяся некоторой общностью входящих в нее пород... Чаще всего толщей называют такое геологическое тело, недостаточность обоснования выделения которого не позволяет считать его свитой или подсвитой» [Стратиграфический кодекс СССР, 1977, с. 34].

Слон — очень распространенное в русской геологической литературе конца XIX и начала XX в. подразделение, отвечающее по своему содержанию толще или свите. Слои имеют географическое название (например, вершаутские слои палеогена Поволжья).

### 8.3. БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Эта категория стратиграфических подразделений, обычно тесно связанная с предыдущей, охватывает стратиграфические единицы, выделяемые только на основе палеонтологической характеристики отложений.

Выделение биостратиграфических единиц основано на «законе фаунистической сукцессии», т. е. на закономерной смене фаунистических или флористических комплексов по разрезу. Эти изменения могут быть обусловлены тремя основными причинами: 1) эволюционной сменой видов во времени; 2) сменой физико-географических обстановок, т. е., на геологическом языке, сменой фаций, и, наконец, 3) чисто геологическими причинами — перерывами, размывами, регрессиями и т. п. Очевидно, что каждому из таких изменений будут соответствовать свои биостратиграфические подразделения и что в каждом случае эти подразделения будут характеризоваться определенными свойствами. Очевидно также, что для установления изохронных поверхностей особое значение имеют палеосукцессии, обусловленные эволюционными изменениями, так как в любом отрезке филогенетической цепи (в пределах одного бассейна) переход от предкового вида к виду-потомку будет происходить с геологической точки зрения одновременно. В то же время из этого положения следует, что подобного рода биостратиграфические подразделения должны соответствовать временным интервалам, сопоставимым с длительностью существования отдельных видов. При необходимости выделения стратонов, соответствующих более коротким отрезкам геологического времени, приходится, как мы видели (см. 5.2.4), использовать другие методы их установления.

В основе биостратиграфической корреляции разрезов лежит их «зонация», т. е. выделение и прослеживание детальных биостратиграфических единиц, объединяемых в последнее время термином «зона». Это современное очень широкое понимание зоны, введенное американскими биостратиграфами, уходит далеко за пределы первоначального понимания зоны А. Оппелем. Однако оно широко распространилось в современной геологической практике.

Используемые в настоящее время зональные подразделения можно свести к двум категориям: зонам со строго изохронными границами, достаточно надежно сопоставимым в пространстве (классическое понимание зоны, в сущности, выдвинутое самим А. Оппелем [Arkell, 1946, 1956; Раузер-Черноусова Д. М., 1967; Пчелинцев В. Ф., 1957]), и дробным биостратиграфическим подразделениям, границы которых могут быть диахронны, а возможности их использования для широких корреляций весьма ограничены. Несмотря на отмеченную уже компрометацию термина, за первой категорией, как правило основанной на ортофаунах, следует сохранить название «зона» (хронозона, оппель-зона).

Вторую категорию Д. Л. Степанов [1958] предложил называть «биостратиграфическими зонами». Число последних весьма велико, и этот процесс введения новых зональных терминов непрерывно возрастает.

Ни один тип стратиграфических подразделений не может сравниться с зоной количеством специальных терминов. Так, О. Шиндевольф [Schindewolf, 1970] приводит 94 таксономических термина, используемых в зональной стратиграфии. К ним следует добавить не менее 10 терминов, не учтенных в этом списке: местная зона, лона [Крымгольц Г. Я., 1972], палинозона [Muller, 1968], климатозона [Зубаков В. А., 1969], провинциальная зона, региональная зона, палеомагнитная зона [Храмов А. Н., 1958], гиперзона и т. д. Многочисленные зональные термины, среди которых есть немало синонимов, в основном отражают различные способы выделения детальных биостратонов, и в этом смысле оппель-зоны также являются биостратиграфическими зонами определенных категорий.

Стремление к «зонации» разрезов привело к тому, что термин зона стал синонимом любого биостратиграфического подразделения. Однако, несмотря на подобное, в общем нигилистическое, отношение к ранее принятой терминологии, современные работы западных стратиграфов имели очень важное общетеоретическое значение: они обратили внимание на способы выделения зон [Жамойда А. И., Ковалевский О. П., Моисеева А. И., 1969]. Если в первой половине XX в. само выделение зон казалось уже гарантией установления хроностратиграфической единицы, а ссылка пусть даже на отдаленное сходство с фауной классических разрезов давала возможность дробной параллелизации слоев, то в настоящее время в значительной степени именно благодаря тщательному анализу оснований, на которых зиждется выделение той или иной «зоны», появилась возможность объективной оценки характера границ, пределов распространения и надежности корреляции дробных биостратиграфических подразделений.

Биостратиграфическая зона — это стратон, выделяемый исключительно по палеонтологическим признакам. При этом под биостратиграфической зоной следует понимать отложения, охарактеризованные определенным комплексом ископаемых организмов, который является характерным для данной биостратиграфической зоны и не повторяется в непосредственно\* перекрывающих или подстилающих ее слоях. Таким образом, отнесение слоев к какой-либо биостратиграфической зоне может базироваться только на присутствии в них зонального комплекса.

Без соответствующего комплекса ископаемых нет и биостратиграфической зоны. Если границы зон в стандартных разрезах обязательно смыкаются и их последовательные группировки определяют объемы более крупных хроностратиграфических единиц, то границы биостратиграфических зон как пачек слоев

\* При наличии рекуррентных фаун зональный комплекс может повторяться, но такие биостратиграфические зоны будут разделены слоями с другой фауной.

с характерным комплексом ископаемых не всегда смыкаются и соседние биостратиграфические зоны могут разделяться немалыми интервалами разреза\*. Более того, биостратиграфические зоны, выделенные как по разным (например, бухиевые и фораминиферовые зоны бореальной верхней юры), так и по одной группе, могут частично перекрываться. Так, по М. Уэллеру [Weller, 1960], пенсильванские родовые фораминиферовые зоны Северной Америки *Mullerella*, *Fusulinella*, *Fusulina* и *Tricites* частично перекрывают друг друга.

Комплексы ископаемых, определяющих биостратиграфическую зону, в общем случае тесно связаны с фациями. Поэтому в одном и том же регионе нередко выделяются параллельные биостратиграфические зоны в более или менее одновозрастных, но фациально различных отложениях, например в мелководных и глубоководных морских осадках или в крайнем случае в морских и континентальных отложениях. Характерные примеры в этом отношении дают параллельные биостратиграфические зоны по граптолитам и брахиоподам в ордовике и силуре, по гониатитам и брахиоподам в карбоне, по планктонным фораминиферам, радиоляриям, диатомеям и нанопланктону в верхнем мелу и кайнозое.

Биостратиграфические зоны часто основаны на парастратиграфических группах или (в вертикальном разрезе) на чередовании разных групп фауны. Этим и объясняется возможность диахронности их границ, обусловленная возрастной миграцией фациально зависимых комплексов фауны. В то же время границы биостратиграфических зон могут быть и изохронными в тех случаях, когда они выделяются на основе эволюционной смены в разрезе видов одной группы (см. рис. 8.12) или в случае локального развития слоев (фаций), охарактеризованных определенным фаунистическим комплексом. Выделение различных «видов» зон производится либо исходя из особенностей распространения таксонов в разрезах и в пространстве, либо исходя из систематического ранга таксонов, их места в филетических ветвях, особенностей их существования. Разумеется, обе эти группы признаков тесно связаны, но на практике отдельные критерии зачастую используются независимо, и это привело к появлению большого количества синонимов.

Исходным для всех детальных биостратиграфических подразделений является понятие о биозоне, введенное С. Бакменом. Соответствующий биозоне временной интервал называется биохроном. Под биозонной понимается полный интервал разреза, в котором встречается какой-либо таксон, или, иначе, полное время существования какого-либо таксона. Как мы уже отмечали, в силу неоднородности физико-географических обстано-

\*\* В советской литературе такие биостратиграфические зоны обычно называются «слоями» с фауной» (см. 8.4.1).

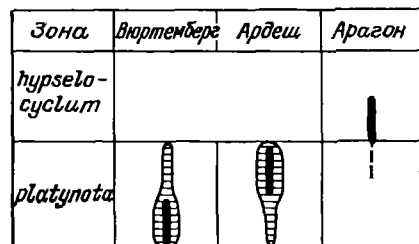
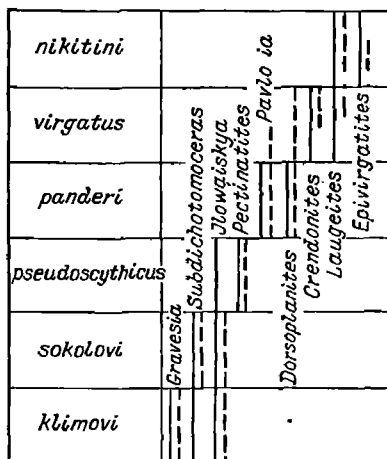
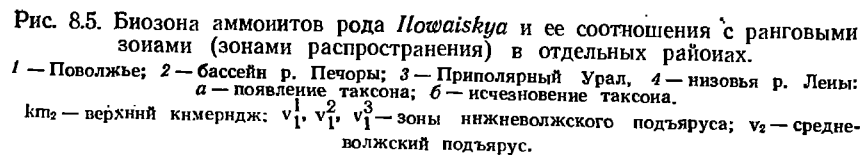


Рис. 8.6. Различия стратиграфических диапазонов волжских аммонитов в Поволжье (сплошная линия) и на Приполярном Урале (штриховая).

Рис. 8.7. Стратиграфический диапазон аммонита *Sutneria platynota* (Reip.) в нижнекемериджских отложениях Юго-Западной Европы (по Б. Циглеру [Ziegler, 1971]).

Вид-индекс *S. platynota* в Арагоне не встречается в своей зоне.

вок время существования таксонов в разных бассейнах неодинаково. Поэтому бионона вида, а тем более рода и семейства в применении к конкретным разрезам выглядит умозрительной категорией, так как полные стратиграфические диапазоны существования этих таксонов в разных районах могут существенно отличаться (рис. 8.5).

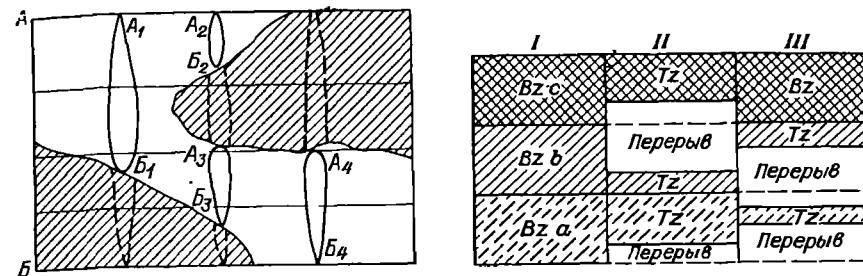


Рис. 8.8. Соотношение биозоны (АБ) и тейльзон (А<sub>1</sub> и Б<sub>1</sub> и т. д.) в различных районах. Разные объемы тейльзон обусловлены фациями (по Б. М. Келлеру [1950]).

Штриховкой показаны фации, в которых рассматриваемый таксон отсутствует.

Рис. 8.9. Схема соотношения биозон и тейльзон (по О. Зейтцу и В. Готау). В разрезе I показаны биозоны (Bz) трех видов (a, b, c). В разрезе II и III тейльзоны тех же видов (Tz). Разные объемы тейльзон обусловлены перерывами.

На рис. 8.6 приведены диапазоны существования в ряде регионов некоторых наиболее характерных волжских аммонитов. Как видно из рисунка, даже в сравнительно недалеко расположенных и свободно сообщающихся бассейнах эти колебания весьма значительны. Крайним выражением несовпадения во времени частных биозон можно считать приводимый Б. Циглером [Ziegler, 1971] пример (рис. 8.7) отсутствия в своей зоне в Арагоне такого широко известного зонального вида нижнего кимериджа Южной Европы, как *Sutneria platynota* (Rein). Таким образом, в конкретных разрезах мы имеем дело не с полными биозонами, а с их частями, которые получили название тейлзона [Frebold, 1924], эпиболь [Buckman, 1893], ранговая зона (зона распространения), топозона.

Тейльзона и отвечающий ей во времени тейльхрон показывают реальное распространение какого-либо таксона в конкретных разрезах. Так как время появления того или иного вида в определенном разрезе в первую очередь связано с появлением или прекращением существования соответствующих условий, вполне очевидно, что границы тейльзоны одного и того же вида в разных районах могут располагаться на различных уровнях. Действительно, очень часто можно видеть, что границы распространения того или другого вида в разрезах, т. е. границы его тейльзоны, определяются развитием определенных фаций (рис. 8.8). В других случаях различные объемы тейльзон определяются существованием перерывов (рис. 8.9), причем часто в геологической практике не имеется достаточных возможностей выяснить истинный объем этих перерывов и, таким образом, установить истинные временные соотношения этих видов (рис. 8.10).

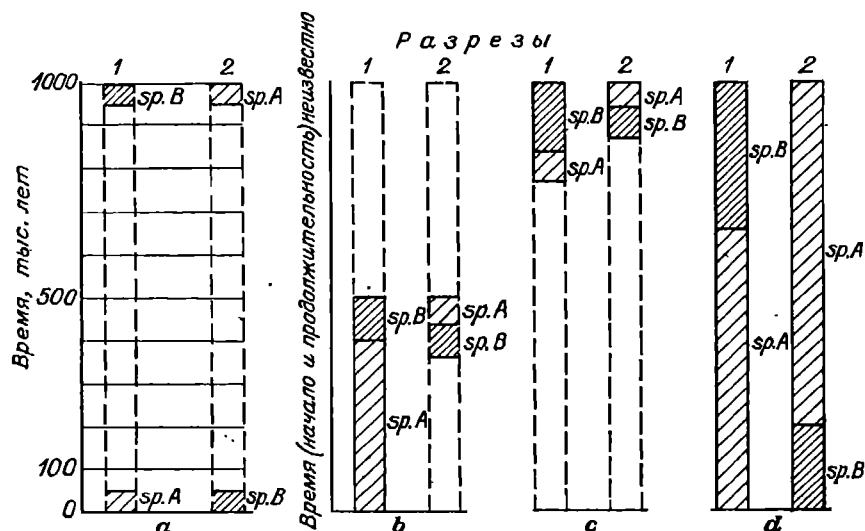


Рис. 8.10. Схема, показывающая гипотетическое положение видов А и В в строго градуированных по времени разрезах (а) и различные варианты трактовки этих соотношений в реальных разрезах, когда такая градуировка не может быть выполнена (b, c, d) (по Г. Харрингтону [Harrington, 1965]).

К этому термину близка по содержанию ранговая зона американских и западноевропейских геологов, под которой понимается совокупность слоев, включающая весь горизонтальный и вертикальный интервал характерного для нее таксона. Ранговая зона (зона распространения), как и тейлзона, может успешно применяться для корреляции разрезов в каком-либо районе, но, поскольку ее границы обусловлены фациальными изменениями, различиями в темпах миграции и т. п., она не является стратонем с изохронными границами (рис. 8.11, 8.12). В то же время внутри монофациальных толщ можно различать ранговые зоны видов, сменяющих друг друга во времени бла-

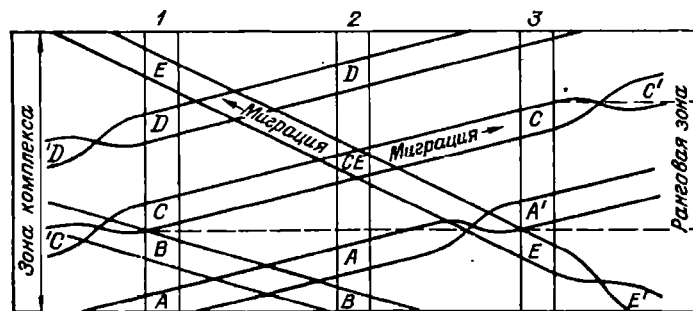


Рис. 8.11. Схема, показывающая неодновременность границ ранговой зоны, обусловленную миграцией (по М. Уэллеру [Weller, 1960]).

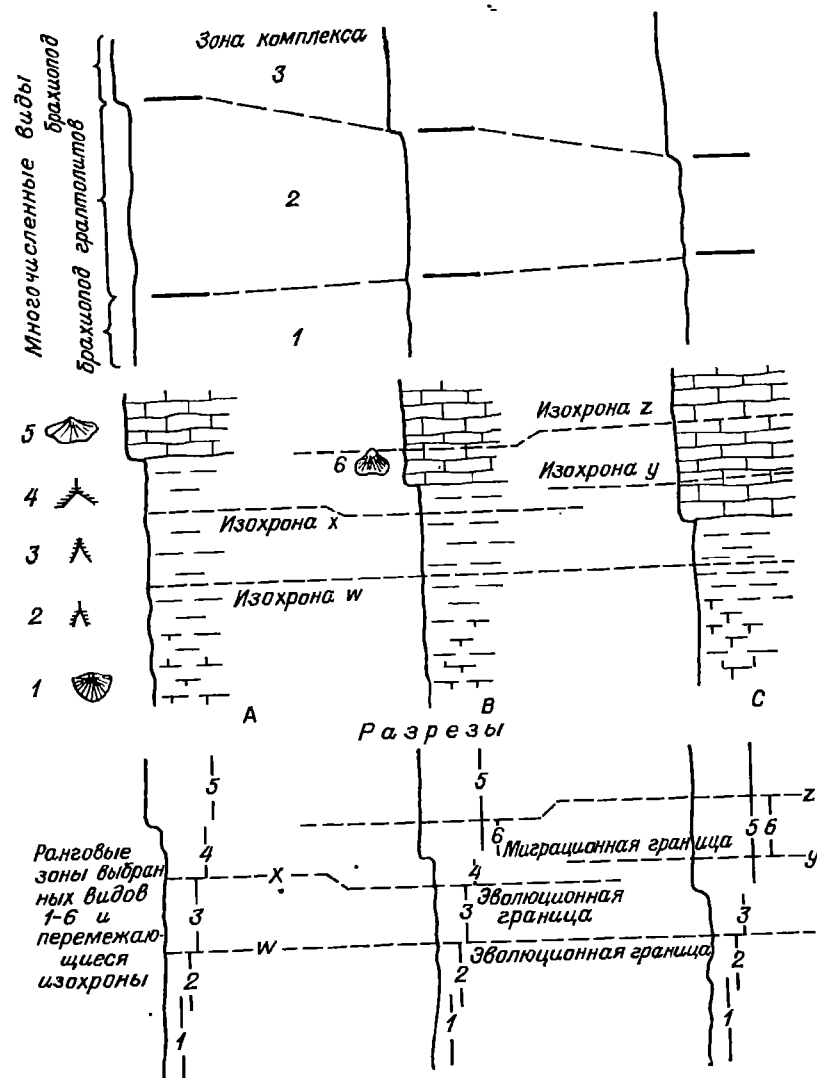


Рис. 8.12. Принципиальная схема выделения ранговых и комплексных зон (по Д. Эйхеру [Eicher, 1971]).

годаря эволюционным изменениям. Такие ранговые зоны будут характеризоваться изохронными границами, а в тех случаях, когда выбранные виды принадлежат к ортофаунам, эти зоны могут рассматриваться, как хроностратиграфические подразделения (рис. 8.12).

Все рассмотренные подразделения основывались на отдельных видах или более высоких таксонах. Но в геологической

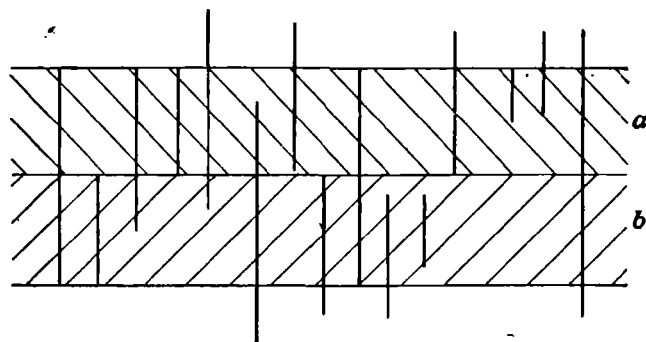


Рис. 8.13. Комплексные зоны.

практике не менее часто для какого-либо слоя или пачки характерны не отдельные виды, а присутствие целой группы; например, известняки с криноидеями сменяются граптолитовыми сланцами и т. п. Такие обобщенные палеонтологические характеристики отдельных пачек позволяют выделять слои с фауной, или комплексные зоны (Assemblage Zone) (рис. 8.13). Эти подразделения представляют собой чрезвычайно удобные маркирующие горизонты или реперы, позволяющие судить о порядке напластования, но их границы еще более, чем для ранговых зон, определяются фациальными изменениями и потому, как правило, не изохронны.

Весьма часто вид, имеющий достаточно широкий стратиграфический диапазон, в отдельных участках разреза представлен особым изобилием экземпляров, характеризуется здесь особенно крупными популяциями. По этому признаку производится выделение эпиболей и соответствующих им акме-зон (Acme Zone) или пик-зон (Peak Zone). Эти подразделения также являются чрезвычайно удобными маркирующими горизонтами, а на сравнительно ограниченных пространствах они могут использоваться и для проведения изохронных уровней. Однако очень часто на больших расстояниях время эпиболей (их гемеры) не совпадают, вследствие чего этот метод корреляции, как правило, неприменим при широких сопоставлениях (рис. 8.14—8.16).

Наиболее надежным способом установления биостратиграфических подразделений с изохронными границами (оппель-зон) является выделение зон совместного распространения (Concurrent range zones), т. е. зон, включающих перекрывающие друг друга интервалы распространения характерных таксонов (рис. 8.17). Неповторимость этого сочетания позволяет рассматривать зоны совместного распространения в качестве изохронных стратиграфических единиц и отождествлять их с оп-

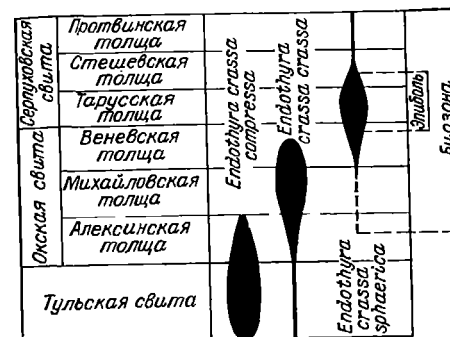


Рис. 8.14. Схема, иллюстрирующая соотношение биозон и эпиболей трех видов эндитир, образующих последовательный эволюционный ряд (по Б. М. Келлеру [1950]).

Рис. 8.15. Несовпадение эпиболей *Glochiceras crenosum* (Q u.) в кимеридже Вюртемберга и Ардеша (по Б. Циглеру [Ziegler, 1971]).

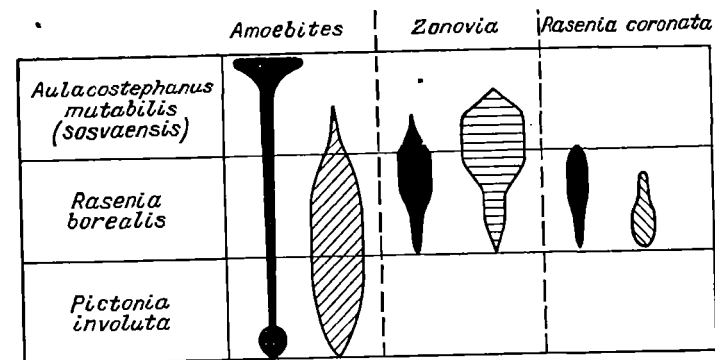


Рис. 8.16. Соотношение эпиболей некоторых кимериджских аммонитов на Приполярном Урале (заливка) и на Таймыре (штриховка) (по М. С. Месежникову).

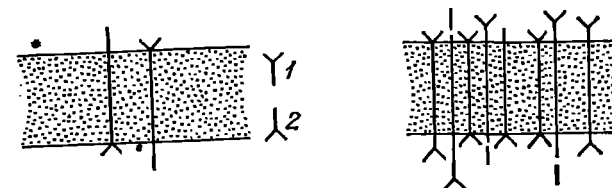


Рис. 8.17. Зоны совместного распространения (Международный стратиграфический справочник, 1978).

1 — исчезновение; 2 — появление таксона.

пель-зонами, если анализируется комплекс ортофауны. Однако при установлении границ зон совместного распространения мы сталкиваемся с той же условностью, что и при установ-

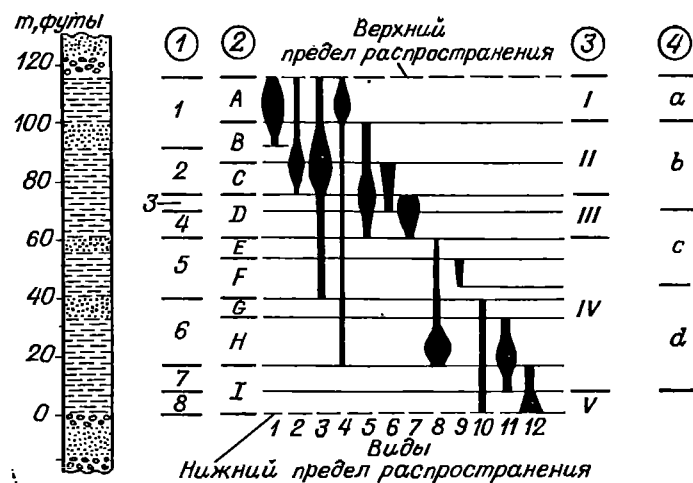


Рис. 8.18. Различные варианты установления границ зон совместного распространения ([Eicher, 1971]).

Методы расчленения (цифры в кружках): 1 — по появлению таксонов; 2 — по исчезновению таксонов; 3 — по количественному преобладанию таксонов; 4 — комбинированный.

лении границ свит. Действительно, эти границы могут устанавливаться исходя из: времени появления индексов (1), исчезновения индексов (2), эпиболей индексов (3), и, наконец, путем комбинирования всех этих вариантов (4) (рис. 8.18). Разумеется, во всех этих случаях границы выделенных единиц не будут совпадать.

Ряд зональных подразделений комплексного характера учитывает количественные соотношения видов в зональном комплексе (ценозона) или характерные сочетания форм, составляющих палеобиоценозы (экозоны). В общем случае ценозоны и экозоны очень тесно сопряжены с фациями и потому имеют ограниченное распространение. С другой стороны, именно эти биостратиграфические подразделения, а также фенозоны, основанные на изменении во времени фенотипа какого-либо вида, позволяют производить наиболее детальное расчленение (рис. 8.19) и корреляцию разрезов, принадлежащих единой фациальной зоне. В. А. Красилов, опираясь на открытое М. Д. Голубовским и другими [Исследование..., 1974] явление «мутационной моды», т. е. синхронного появления сходных фенотипов в изолированных и полужизолированных популяциях, полагает, что именно это явление и «воспринимается как мгновенное расселение или вымирание широко расселенных зональных палеонтологических видов» [Красилов В. А., 1977а, стр. 196].

Появление сходных фенотипов у родственных и даже отдаленно-родственных видов известно у многих групп ископаемых орга-

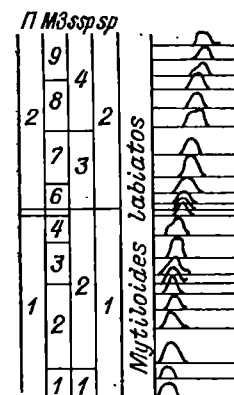


Рис. 8.19. Изменение вариационных кривых, характеризующих число линий нарастания на 1 см у последовательных палеодемов.

В двух пачках (П) установлено 9 морфозон (МЗ), 2 вида и 4 подвида (по Е. Кауффману [Красилов В. А., 1977а]).

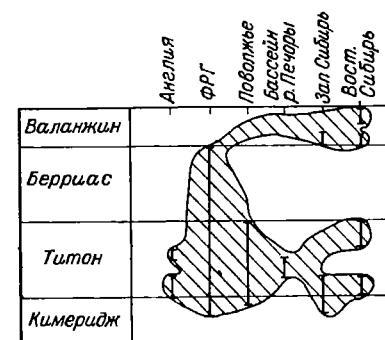


Рис. 8.20. Фенозона виргатоидных аммонитов (по М. С. Месежникову).

низмов. Так, например, многие аммониты надсемейства Perisphinctaceae в пограничных слоях юры и мела приобретают характерное субпрямоугольное сечение оборотов. Однако это явление растянуто во времени, причем в отдельных бассейнах сходные фены появляются на разных стратиграфических уровнях, т. е. далеко не синхронно.

На рис. 8.20 показаны стратиграфические интервалы проявления другого характерного фена этих же аммонитов — виргатоидной ребристости (фенозона виргатоидных аммонитов). Как видно на рисунке, эта фенозона имеет самые неопределенные очертания и, в сущности, не является стратиграфическим подразделением. Возможно, само понятие «мутационной моды» может быть отнесено только к синхронным проявлениям очень незначительных морфологических признаков, которые не улавливаются на палеонтологическом материале. Во всяком случае вывод В. А. Красилова [1977а, с. 196] о том, что «в основе зональной стратиграфии лежит параллелизм хроноклин», нам представляется преждевременным.

В практике биостратиграфических исследований нередки случаи, когда какая-либо часть разреза не содержит характерной фауны или вовсе лишена фауны, но ограничена сверху и снизу соответственно подошвой перекрывающей и кровлей подстилающей биостратиграфических зон. В случае выдержанности подобных соотношений они могут использоваться для корреляций, а часть разреза, заключенная между двумя такими несмыкающимися биостратиграфическими зонами, получила название интервала (рис. 8.21). Интервалы, в частности, получили широкое применение при стратиграфическом расчленении

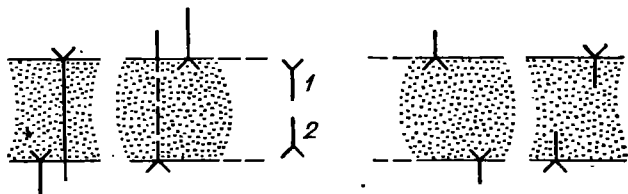


Рис. 8.21. Интервалы (Международный стратиграфический справочник, 1978 г.).  
1 — исчезновение, 2 — появление вида.

океанических осадков, в которых они выделяются под названием «незонированные слои» (unzonated beds). Ряд более крупных биостратиграфических подразделений выделяется по общему характеру обитания зонального комплекса, например п-зоны, основанные на планктоне, и б-зоны, выделяемые по бентосу [Miller, 1965].

Наконец, Л. Спэтом на ранней стадии разработки детальной стратиграфии триаса были предложены родовые зоны, представляющие собой тейльзоны (а иногда и биозоны) отдельных родов цератитов. Однако перекрытие, отмеченное выше, тейльзон разных таксонов, конечно, проявилось и в случаях родовых зон. Несмотря на это родовые зоны (геозоны) еще используются рядом специалистов по верхнему палеозою (В. Е. Руженцев) и отчасти по триасу.

Приведенный обзор основных типов биостратиграфических зон имеет значение, разумеется, в первую очередь для специалистов-биостратиграфов. Геологи воспринимают все эти подразделения в виде зон и слоев с фауной. Употребление этих терминов рассмотрено в разделе 8.4.1.

Распределение по разрезу зоны форм, составляющих зональный комплекс, не всегда однородно. Иногда эта неоднородность носит упорядоченный характер, и тогда возможно более дробное расчленение зоны. Так, отдельные виды могут быть приурочены к нижней или верхней части зоны или при относительно выдержанном по всему разрезу зоны систематическом составе комплекса заметно меняется соотношение отдельных видов, как это имеет место, например, для зоны *Pavlovia iatriensis* (волжский ярус верхней юры) на Приполярном Урале [Месежников М. С., 1966]. Эти различия в составе или количественных соотношениях форм внутри зонального комплекса иногда позволяют достаточно определенно диагностировать отдельные слои в разрезе зоны и выделять в ее составе несколько смыкающихся подзон. Обычно эти подзоны имеют распространение лишь в одной провинции, и даже в части провинции, и служат главным образом для детализации сугубо региональных сопоставлений.

Однако иногда в составе зонального комплекса намечается последовательный ряд более четко разделяющихся и имеющих

весьма широкое распространение группировок характерных форм. Слои, содержащие эти группировки, также выделяются в качестве подзон, но они, в сущности, являются самостоятельными зонами, выделение которых сдерживается традицией или недостаточной изученностью фауны. Классический пример таких подзон демонстрирует зона *Cardioceras cordatum* нижнего оксфорда. Три подзоны, составляющие эту зону — *bukowskii*, *percaelatum* (= *costicardia*) и *cordatum* — прослежены на громадные расстояния в пределах всей Западной и Восточной Европы, Сибири, Канады и Гренландии. Неудивительно, что многие геологи неоднократно предлагали выделить эти подзоны в качестве самостоятельных зон (А. Цейсс, В. Г. Князев и др.).

#### 8.4. ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Термин был предложен Д. Л. Степановым [1954] в связи с отсутствием в нашей геологической литературе обозначения для соответствующего понятия. В американской геологической литературе эта категория стратиграфических подразделений обозначалась как *time-stratigraphic units* или *time-rock units*. Однако в последнее время и в американской и в западноевропейской литературе все чаще употребляется термин *chronostratigraphic units*. (Международный стратиграфический справочник, 1978 г.).

Главная особенность хроностратиграфических единиц заключается в том, что в основу их выделения и разграничения положены не какие-либо физические их свойства, а соответствие определенным подразделениям геологического времени. Таким образом, характерной чертой хроностратиграфических единиц является наличие у каждой из них своего эквивалента в геохронологической шкале (шкале времени). Следовательно, хроностратиграфические единицы представляют собой подразделения земной коры, которые охватывают все отложения, образовавшиеся в течение определенного промежутка времени. Будучи материальными единицами, представляющими толщ горных пород, хроностратиграфические подразделения различаются, однако, только на основе времени их образования, независимо от объективных физических свойств этих отложений.

Теоретически границами хроностратиграфических подразделений должны служить изохронные (одновозрастные) поверхности, не зависящие от литологического состава отложений и их палеонтологической характеристики. Однако в таком понимании границы, а следовательно, и сами хроностратиграфические единицы представляют собой в значительной мере лишь отвлеченное понятие — идеал, к которому на основе существующих методов геологической синхронизации можно лишь в той или иной мере приблизиться.

Фактически же на практике хроностратиграфические подразделения обычно в той или иной части области своего распространения совпадают с какой-либо единицей, относящейся к категории биостратиграфических или (обычно в типовых областях) литостратиграфических подразделений.

Из приведенного определения сущности хроностратиграфических подразделений следует, что хроностратиграфическая шкала неразрывно связана с параллельной ей геохронологической шкалой. Подразделениями этой шкалы являются геохронологические или (по Л. С. Либровичу) геосторические единицы. В американской литературе они обозначаются термином *geologic time units*. С последними, как указано выше, параллелизуются хроностратиграфические подразделения. Таким образом, геохронологическая единица охватывает время образования отложений соответствующего хроностратиграфического подразделения. Поскольку геологическое время не материально, геохронологические единицы, хотя и основаны на реально соответствующих стратиграфических подразделениях, не являются стратиграфическими подразделениями.

Изложенные принципы параллельного выделения хроностратиграфических и соответствующих геохронологических единиц положены в основу так называемой общей или международной геологической шкалы, установленной на II Международном геологическом конгрессе в Боломье в 1881 г. и дополненной на VIII (Парижском) конгрессе в 1900 г.

Хроностратиграфическая шкала фанерозоя (за исключением четвертичного периода) разработана главным образом на основании изучения смены древних фаун и является потому преимущественно биостратиграфической. Иначе говоря, установление возраста отложений и прослеживание изохронных уровней на практике осуществляется путем прослеживания определенных биостратиграфических горизонтов и границ и их сопоставления с установленными стандартами. Конечно, наличие перерывов и немых толщ, разная степень изученности разрезов приводят к тому, что установленные границы на самом деле имеют вид не прямых линий, а сложных неправильных кривых. На этом основании Х. Хедберг вообще не считает возможным установление хроностратиграфических уровней путем изучения ископаемых фаун [Hedberg, 1965, 1970].

Рассматривая верхнюю границу распространения граптолитов (рис. 8.22), Х. Хедберг указывает, что, по сути дела, мы имеем две границы — установленную в частных разрезах и истинную, не искаженную размывами, фаціальными изменениями и условиями сохранения фауны, и что обе эти границы будут заметно отличаться от идеальной изохронной поверхности. По существу против такой точки зрения что-либо возразить трудно, но Х. Хедберг анализирует свою модель вне связи с конкретными стратиграфическими подразделениями. Если только мы

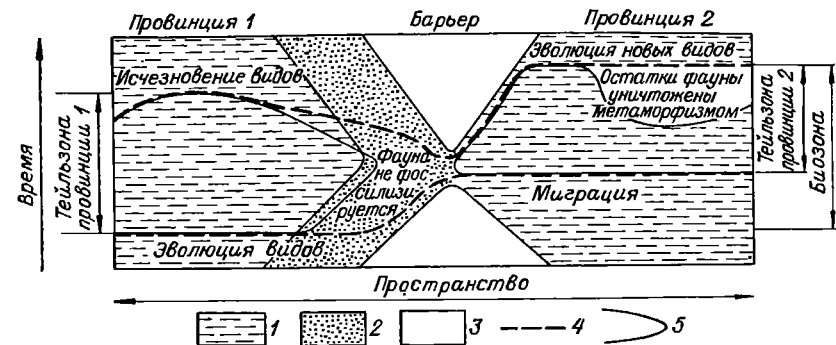


Рис. 8.22. Схема, показывающая неоднородность тейлзонов одного вида граптолита в разных провинциях (совокупность тейлзонов составляет биозону) (по Х. Хедбергу [Hedberg, 1970] и Д. Эйхеру [Eicher, 1971]).

1 — морские сланцы; 2 — морские песчаники; 3 — континентальные отложения; 4 — границы биозоны; 5 — границы ранговых зон.

введем в рассмотрение, например, граптолитовые зоны, то сразу окажется, что либо реальная граница Х. Хедберга окажется внутри одной из зон и тогда можно говорить лишь о точности измерения относительного геологического времени (действительно, хроностратиграфические корреляции не могут проводиться точнее зонального уровня), либо если эта граница пересекает зональные, мы получаем возможность судить о полноте разрезов. Таким образом, в определенных пределах точности измерения конкретные биостратиграфические единицы позволяют осуществлять хроностратиграфические сопоставления по крайней мере морских отложений.

Как уже не раз отмечалось, основной особенностью хроностратиграфических подразделений является изохронность их границ. Однако этим же свойством обладают и некоторые биостратиграфические зоны, а также и некоторые литостратиграфические подразделения (например, пепловые прослои и другие маркирующие горизонты). Отличие хроностратиграфических подразделений от этих стратонов заключается прежде всего в том, что первые потенциально могут быть установлены в любой точке земной поверхности, в то время как вторые почти всегда имеют локальный характер.

Поскольку основное назначение хроностратиграфических подразделений состоит в определении начала, конца и продолжительности геологических событий, они в совокупности должны составлять определенную стандартную шкалу со строгой градуировкой. Эта градуировка представляет собой фиксированное положение границ всех хроностратиграфических подразделений. В свою очередь фиксация границ хроностратиграфических подразделений в современном ее понимании осуществляется с помощью зон (хронозон). Последние, несмотря на

свой провинциальный или поясной характер, дают возможность путем различного рода приемов (см. 8.4.1) последовательно прослеживать достаточно изохронные поверхности в пределах смежных палеозоогеографических провинций, областей и поясов.

Рассмотрим несколько подробнее схему формирования стандартной хроностратиграфической шкалы. Как известно, к 1850 г. были установлены почти все системы (кроме ордовикской) и значительная часть ярусов фанерозоя. Несмотря на то что все эти подразделения, за исключением пермской системы, были выделены в разрезах Западной Европы, сами эти разрезы были достаточно разобщены, что не исключало наличия пропусков и, напротив, перекрытий. Как оказалось впоследствии, число таких случаев было весьма невелико, и это тем удивительнее, что многие хроностратиграфические подразделения первоначально выделялись в значительной степени по литологическим признакам в духе формаций Г. Фюкселя.

Во второй половине XIX в., и особенно в XX в., перед геологами встала проблема более строгого контроля границ хроностратиграфических подразделений. Очень скоро выяснилось, что имеется хороший инструмент для такого контроля в виде зон А. Оппеля. Разработка зональных стандартов началась с типовых разрезов ярусов. Однако при этом оказалось, что целый ряд стратотипов являются либо неполными, либо содержащими конденсированные слои, что не дает возможности разрабатывать стандартную зональную колонку, опираясь только на стратотипический разрез. Рассмотрим для примера стратотипический разрез байоса в карьере Сюлли у г. Байе (Нормандия) (рис. 8.23). При общей мощности байоса около 12—15 м лишь нижние 3 м разреза содержат фауну всех его шести зон. Однако нижняя зона имеет не повсеместное распространение, а фауна четырех последующих зон встречается в конденсированных слоях. В то же время в параллельно изучавшихся разрезах байоса восточной части Парижского бассейна и Англии была установлена нормальная последовательность зон в мощных (до 100—150 м) осадочных сериях. Ясно, что, опираясь на один лишь стратотип, нельзя создать надежный зональный стандарт и установить объем яруса. Поэтому Дж. Кэлломон для суждения о зональном делении ярусов и их объеме предложил опираться не на один стратотип, а на целую серию разрезов в типовой местности [Callomon, 1964]. Впоследствии понятие типовой местности было распространено, в сущности, на всю территорию той палеозоогеографической провинции, в пределах которой находится стратотип [Соколов Б. С., 1970].

С учетом сделанных замечаний современная процедура формирования стандартной шкалы (рис. 8.24) может быть представлена в следующем виде. В стратотипическом регионе, т. е. в регионе, на территории которого расположены ярусы А, В и

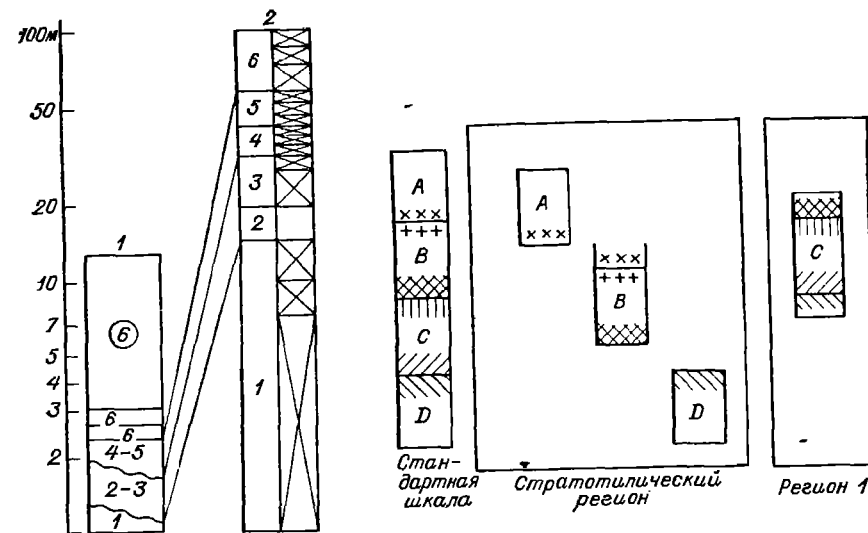


Рис. 8.23. Сравнение стратотипа байосского яруса у г. Байе (Нормандия) (1) и сводного разреза байоса восточной части Парижского бассейна (Арденны, Эльзас) (2).

Разработка схемы зонального деления байоса и определение его границ возможно с помощью привлечения дополнительных разрезов. Зоны: 1 — sowerbyi; 2 — sauzeyi; 3 — humphriesianum; 4 — subfurcatum; 5 — garantiana; 6 — parkinsoni. В кружок обведены губковые слои, не содержащие определенных аммонитов зоны parkinsoni. Диагональными крестиками в правой части выделены подзоны.

Рис. 8.24. Принципы составления стандартной шкалы.

Д, производится анализ стандартных зональных колонок ярусов. При этом выясняется, что имеется непрерывная последовательность зон между ярусами А и В и, напротив, не имеется разрезов, в которых бы наблюдался непосредственный контакт между нижней зоной яруса В и верхней зоной яруса Д. Это обстоятельство можно объяснить либо условиями обнаженности, либо перерывом. За пределами стратотипической местности в регионе 1 выделено региональное стратиграфическое подразделение, состоящее из ряда последовательных зон, причем нижней из них является верхняя зона яруса Д, а верхней — нижняя зона яруса В. Ясно, что последовательность зон, заключенная между этими двумя зонами, представляет собой новый ярус С, а регион 1 является его стратотипической местностью. Таким образом, стандартная последовательность участка хроностратиграфической шкалы будет состоять из ярусов А, В, С и Д. Рассмотренный пример показывает также, что подразделения региональных стратиграфических шкал имеют важное значение для формирования стандартной хроностратиграфической шкалы (способом, близким к рассмот-

ренному, был установлен башкирский ярус среднего карбона), на что указывали Ф. Г. Гурари и Л. Л. Халфин [1969] и С. В. Мейен [1974а]. Однако это значение определяется в первую очередь не детальностью расчленения, большей, чем в стратотипической местности, как полагает С. В. Мейен, а возможностью заполнения перерывов в типовых разрезах.

Разумеется, стандартная хроностратиграфическая шкала не может считаться полностью завершенной. Напротив, многие ее границы являются дискуссионными, а ее детальность все более повышается. В целом же хроностратиграфические подразделения дают возможность увязки всех геологических материалов и их возможности в этом направлении по мере увеличения дробности и принятия соглашений по спорным границам все более возрастают.

#### 8.4.1. Зона

Зоны были введены в стратиграфию для наибольшей детализации разрезов и для широкого прослеживания дробных биостратиграфических подразделений [Orpel, 1856—1858]. Долгое время это назначение зон было, в сущности, единственным. Оно в полной мере сохранилось и в настоящее время. Однако на современном уровне развития стратиграфии появился ряд новых не менее важных точек приложения зонального расчленения осадочных толщ.

Строгие требования стратиграфического соответствия стандартному объему ярусов или подъярусов, предъявляемые теперь при выделении их в районах, достаточно удаленных от стратотипических, оказалось возможным выполнить лишь опираясь на зоны, да и сам объем ярусов — этих основных хроностратиграфических единиц — можно определять как сумму последовательных зон. Именно так понимал ярусы и сам А. Опель. Естественно поэтому, что однозначное прослеживание границы какого-либо яруса сводится к установлению в частных разрезах двух пограничных зон, отвечающих или соответствующих верхней зоне данного яруса и нижней зоне вышележащего яруса в стратотипическом разрезе или в стандартной зональной колонке.

Так, например, установление в верхах оксфорда на севере СССР зоны *Ringsteadia pseudocordata*, а в низах кимериджа — аналогов зоны *Pictonia baylei* позволяет проводить здесь границу оксфордского и кимериджского ярусов в полном соответствии с положением этой зоны в Дорсете. В то же время известная неопределенность в зональной корреляции нижних слоев бата Западной Европы и Арктики [Меледина С. В., 1973] не дает возможности достаточно уверенного установления границы нижнего и среднего бата в Гренландии и на севере Сибири.

Приведенные рассуждения, естественно, легко распространить и на более высокие таксоны единой стратиграфической шкалы. Действительно, точное положение границы среднего и верхнего отделов юрской системы на севере Евразии определяется проблемой параллелизации зон *Macrocephalites macrocephalus* и *Arcticoceras ishmae*. Наконец, одно из крупнейших достижений современной стратиграфии — установление границы силура и девона [Соколов Б. С., 1970] — опять-таки свелось к выбору ее в основании зоны *Monograptus uniformis*.

Таким образом, зоны позволяют проводить чрезвычайно широкую (в пределе — планетарную) корреляцию осадочных толщ и безусловно определяют границы и объем всех более крупных стратиграфических подразделений единой шкалы.

Вторым важным аспектом современного использования зон является применение их для установления полноты разрезов и соответственно для суждения об объеме перерывов. Так, например, именно с помощью зональной стратиграфии удалось установить полный объем перерыва между кимериджем и волжским ярусом в Подмосковье [Михайлов Н. П., 1962] и, напротив, доказать полноту таких сокращенных разрезов, как Кок-Булак (верхний кимеридж — волжский ярус [Михайлов Н. П., 1964]), Левая Боярка (верхний кимеридж [Опорный разрез..., 1969]) и т. п. Все эти интересные сами по себе и важные для выяснения условий осадконакопления данные имеют существенное практическое значение как для проведения крупномасштабных геологических съемок, так и при поисках и особенно при разведке месторождений полезных ископаемых, приуроченных нередко к узкому интервалу разреза.

Таким образом, зоны являются важнейшим инструментом для определения полноты разрезов.

Обобщая указанные аспекты зональной стратиграфии, можно заключить, что использование зон основано на необходимости иметь в основании системы стратиграфической иерархии, каждое подразделение которой состоит из ряда стратонев более низкого ранга, элементарную стратиграфическую единицу, свободную от субъективных взглядов отдельных авторов, независимую от их теоретических представлений. В этом смысле зона является как бы «абсолютным стратоном», атомом стратиграфии, а стратиграфическая классификация, основанная на зонах, представляется наиболее объективной и универсальной.

Переходя к рассмотрению способов выделения и прослеживания зон, прежде всего необходимо отметить, что речь пойдет только о наиболее дробных биостратиграфических подразделениях с изохронными границами.

Огромный материал, накопленный биостратиграфами, привел к заключению о неоднородности большинства биостратиграфических границ, что нашло свое отражение в современной формулировке принципа В. Смита: «слои можно

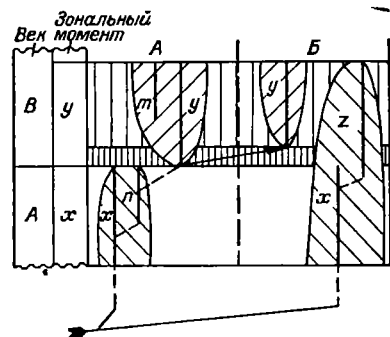


Рис. 8.25. Выбор уровня таксона для зональных хроностратиграфических корреляций (по М. С. Месежникову). *п, т, х, у, z* — виды. Род *I* параллельно развивается в бассейнах *A* и *B* в течение зональных моментов *х* и *у*. В бассейне *A* в зональный момент *у* появляется род *II*, вид *у* которого проникает в бассейн *B*. Параллельное развитие рода *I* обуславливает значительные колебания объема зон распространения этого рода в бассейнах *A* и *B*, в то время как отклонениями в возрасте вида *у* в этих бассейнах практически можно пренебречь.

различать и сопоставлять по заключенным в них ископаемым» [Степанов Д. Л., 1967, с. 109]: Можно указать четыре основных фактора, приводящие к колебаниям длительности существования фаун и флор и к изменению их систематического состава в пространстве: 1) неравномерность темпов эволюции; 2) зависимость от фаций; 3) скорость миграции и расселения; 4) биогеографическая дифференциация как результирующая абиотических и трофических факторов.

Ясно, что только сняв влияние первых трех факторов (влияние биогеографической дифференциации, естественно, исключить нельзя), можно выделять биостратиграфические единицы с изохронными границами. Задача сводится, таким образом, к разработке ряда методических приемов, к введению ряда ограничений при анализе биостратиграфических материалов.

Прежде всего в связи с неравномерностью эволюции различных групп фауны и флоры необходимо независимое построение биостратиграфических шкал по каждой группе. Разумеется, при определенных условиях эти шкалы могут совпадать, но каждое такое совпадение должно быть доказано, оно не может приниматься априорно. Однако неравномерность темпов эволюции может сказываться и внутри одной группы, на самых разных таксономических уровнях вплоть до рода. Поэтому при выделении зон очень важен выбор ранга зонального таксона. В общем случае колебания во времени существования в разных бассейнах одного и того же вида будут меньше, чем рода или еще более высокого таксона. Это объясняется тем, что в первом случае мы обычно имеем дело с миграциями, за рядом исключений, происходящими весьма быстро, в то время как при рассмотрении родов следует учитывать параллельное развитие в изолированных ветвях (рис. 8.25). Однако известно много родов и подродов аммонитов, время существования которых ограничивается одним зональным моментом (*Pectinatites*, *Virgatites* и т. д.), и в целом ряде случаев зональный комплекс удастся характеризовать именно родовыми таксонами.

Дробные биостратиграфические шкалы, независимо построенные по различным группам фауны, неравноценны. Наи-

большее значение имеют для установления и прослеживания изохронных уровней шкалы, построенные по ортогруппам, быстро эволюционирующим, широко распространенным, в большей или меньшей степени независимым от фаций. Поэтому ортофаунами, как правило, оказываются свободно плавающие или планктонные организмы. В тех случаях, когда таких групп несколько, по ним разрабатываются параллельные шкалы (например, для кайнозоя шкалы по планктонным фораминиферам, радиоляриям, нанопланктону и диатомеям). Самыми надежными изохронами будут при этом границы, установленные по смене видов единой филогенетической линии. Однако при всей бесспорности этих границ их практическое использование весьма ограничено. Во-первых, подобные смены, естественно, имеют место в конкретных бассейнах, за пределами которых морфологически и даже генетически близкие виды-предки почти неизбежно (и в другие моменты) замещаются во времени другими видами-потомками. Во-вторых, очень часто вид-потомок не сменяет во времени предковый вид, а существует, по видимому, в другой экологической нише, параллельно с ним.

Поэтому границы, проведенные на основании изучения филогенезов, как правило, имеют местное значение. Но зато само знание путей морфологического развития отдельных родов и семейств имеет чрезвычайное значение для общей ориентировки биостратиграфа, помогает ему сразу получить представление о возрасте отдельных слоев и пачек еще до установления границ зон. Действительно, находка в слое кардиоцераса со слабо обособленным килем и недифференцированной скульптурой позволяет отнести этот слой к низам нижнего оксфорда, появление в разрезе грубоскульптурованных амебоцерасов с фибулирующими ребрами показывает, что вмещающие слои относятся уже к кимериджу и т. д.

Исходя из неповторимости общего развития отдельных родов и семейств ряд биостратиграфов и палеонтологов [Пергамент М. А., 1967, 1974а; Раузер-Черноусова Д. М., 1955, 1967] предложили выделять зоны как этапы развития определенных групп (иноцерасов, фузулинид и т. п.), а границы зон совмещать с рубежами в развитии фаун. В этом случае, когда мы опираемся не на конкретные фаунистические ассоциации, а на «уже обобщенные, несколько абстрагированные понятия материального выражения времени» [Пергамент М. А., 1974а, с. 45], действительно можно преодолеть основное ограничение зон — их провинциальность — и перейти к «мировым зонам».

Рассмотрим, однако, последствия выделения таких обобщенных зон-этапов на одном из наиболее показательных примеров. Для бореальной юры от верхнего келловоя до кимериджа особенно характерны *Cardioceratinae*. Роды и подроды *Cardioceratinae* сменяют друг друга во времени в общем с четким направленным изменением основного признака — подсемей-

ства — килия и прикилевых структур. Конечно, эти изменения несколько варьируют во времени, но предположим, что достигнута договоренность о некотором изменении границ, что удалось разграничить перекрывающие интервалы и т. п., и мы можем представить верхний келловей (и его зоны) как время существования *Quenstedtoceras*, нижний оксфорд — время *Cardioceras* s. l., верхний оксфорд — время *Amoeboceras* s. s. и *Prionodoceras*, нижний кимеридж — время *Amoebites*. Стоит, однако, выйти за пределы южной границы Субсредиземноморской провинции, как *Cardioceratidae* исчезают и на всем пространстве от Кача до Мексики нам придется выделять новые этапы уже по развитию совсем других семейств — *Perisphinctidae*, *Mayaitidae* и т. п., причем, естественно, и этапы эти окажутся совсем другими по своей длительности и даже числу. Чтобы быть последовательными, остается лишь искусственно совместить эти этапы, и, таким образом, зона из конкретного точного инструмента превращается в некоторое спекулятивное обобщение, опирающееся на субъективные представления отдельных исследователей. Все это заставляет нас воздерживаться от в принципе очень заманчивой возможности непосредственного отождествления хроностратиграфических границ с «рубежами развития организмов» и, следовательно, приводит к отказу от «мировых зон».

Смысловое значение слова «этап» не исчерпывается понятием отдельной стадии какого-либо процесса. В обобщенном смысле этап — отрезок времени, отмеченный определенным событием. И вот при таком понимании термина любая зона действительно представляет собой определенный этап развития ортогруппы; более того, выделение и прослеживание зоны, как мы увидим, возможно только исходя из этого представления.

Приведенные соображения позволяют дать следующее определение зоны: слои, образовавшиеся за время существования зонального комплекса фауны; зональный комплекс фауны рассматривается при этом как определенный этап развития ортогруппы; зоны поэтому характеризуются изохронными границами; они провинциальны по своей природе; одна из зональных колонок вводится в единую шкалу в качестве детального временного эталона и для определения границ и объемов всех более высоких стратонов.

Исходя из этого определения можно указать характерные черты зоны [Месежников М. С., 1966].

1. Конкретность (эмпиричность) зоны. В отличие от всех более высоких хроностратиграфических единиц зона не является синтетическим подразделением. Она выделяется в разрезах на основании строго определенного фаунистического комплекса и потому имеет совершенно четкий объем и безусловные границы. В этом смысле зона — наиболее реальное стратиграфическое подразделение.

2. Неразрывная связь со своим комплексом фауны. Если ярус, например, представляет собой стратиграфический синтез [Жиньо М., 1952] и установление пределов его развития в каком-либо районе есть обобщение данных стратиграфии, палеонтологии, палеогеографии, то единственным методом установления пределов развития зоны является прослеживание в разрезах зонального комплекса фауны или одновозрастных комплексов парафаун. Ниже будет рассмотрена процедура использования парастратиграфических групп. Важно отметить, однако, что в этом случае необходим выборочный контроль возраста парагрупп хотя бы единичными находками зональных ископаемых.

3. Провинциальный характер зоны. Поскольку резкие изменения состава зонального комплекса фауны связаны с палеозоогеографическим районированием соответствующего зонального момента [Месежников М. С., 1969, 1974], постоянство состава зональных комплексов в пространстве и, следовательно, ареалы зон контролируются границами палеозоогеографических провинций. Поэтому в принципе не может быть противопоставления «узких» и «широких» зон. Все они совершенно одинаковы по своей сущности, и различия между ними обусловлены только размерами соответствующих провинций.

Приведенная характеристика зон позволяет перейти к рассмотрению их места в системе стратиграфической классификации. При этом мы исходим из того, что по сути своей единая стратиграфическая шкала фанерозоя является биологической по своей природе [Schindewolf, 1970; Соколов Б. С., 1971] и что все ее подразделения составляют (или должны составлять) из зон. Проводя самые широкие зональные корреляции, мы получаем возможность повсеместного выделения всех хроностратиграфических подразделений, более высоких, чем зона. На этом основано теоретическое обоснование планетарности высших хроностратиграфических подразделений. Нетрудно убедиться, что в тех случаях, когда по каким-либо причинам (резкий эндемизм ортофаун, отсутствие надлежащих групп и т. д.) зональная корреляция невыполнима, становится невозможным и выделение планетарных ярусов, как это имеет место в кембрии, перми или в верхах юры.

Зоны же, как мы уже отмечали, провинциальны, и потому «при различном зональном делении... в различных биогеографических провинциях шкала зонального... деления одной из провинций может быть выбрана за эталон времени и может рассматриваться как единая» [Верещагин В. Н., 1963, с. 71]. Иначе говоря, в общую стратиграфическую шкалу как наиболее дробный эталон геологического времени вводится зональный стандарт (основанный, как правило, на зонах стратотипических районов или палеозоогеографических провинций, в которые входили эти районы на протяжении соответствующего

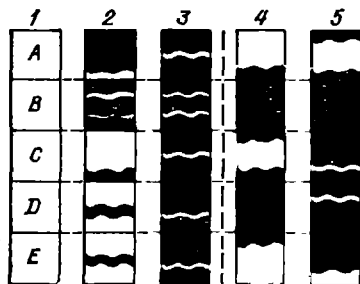


Рис. 8.26. Примеры полных (1—3) и неполных (4—5) с точки зрения зональной стратиграфии разрезов [Месежиников М. С., 1969].

Полнота разрезов не зависит от мощности сохранившихся осадков (заливкой показаны размывы отложения).

века, эпохи или периода [Савицкий В. Е., 1973]), но параллельно с этой стандартной колонкой существует много других, как пра-

вило, сопоставимых с ней колонок. Таким образом, хронозоны образуются рядами региональных зон и слоев с фауной, которые являются биостратиграфическими по природе и хроностратиграфическими по характеру границ. Такое в известной степени двойственное положение зоны как нельзя лучше подчеркивает биологическую природу общей стратиграфической шкалы.

Зона является не толькоместилищем определенной фаунистической ассоциации, но и группировкой определенных слоев, и с этой точки зрения тоже имеет свои особенности.

Прежде всего зоны контролируют непрерывность осадконакопления лишь с точностью до продолжительности зонального момента (применительно к юрской системе с точностью 0,5—1 млн. лет), и, таким образом, полный с точки зрения зональной стратиграфии разрез может быть менее мощным, чем неполный (при равных скоростях осадконакопления, но в условиях различной интенсивности конседиментационных размывов) (рис. 8.26). Из этого следует вывод, что отложения, относящиеся к одной зоне, в принципе могут больше отличаться по времени образования, чем пограничные слои двух смежных зон. Во-вторых, зоны заключают, в силу последующего размыва прибрежно-континентальных отложений, как правило, только морские слои и, таким образом, не позволяют восстанавливать историю осадконакопления и историю палеогеографических изменений в течение зонального момента во всех деталях, как это можно делать, например, для четвертичных отложений. Наконец, с особенностями осадконакопления, и прежде всего с рецессиями и диастемами (как непременным условием седиментации), связаны и резкие колебания мощностей зон, в пределе приводящие к образованию конденсированных слоев.

При выделении зон может возникнуть ряд вариантов: их границы можно устанавливать строго в соответствии со стратиграфическим диапазоном вида-индекса (частные биозоны), по появлению новых видов, по их исчезновению, по количественному преобладанию одного или нескольких видов и, наконец, путем комбинирования перечисленных вариантов. При сопоставлении близко расположенных разрезов любой из указанных методов может дать хорошие результаты. Однако необ-

ходимость широких зональных корреляций сразу вносит ряд существенных ограничений.

Прежде всего диапазон распространения в разрезе одного и того же таксона часто существенно неодинаков в разных районах. Различия в стратиграфическом распространении даже многих видов аммонитов бывают весьма значительными (рис. 5.58; 5.60; 5.63; 5.63; 8.6). Известны случаи, когда зональный вид-индекс встречается в удаленных от стратотипа разрезах только в вышележащей зоне [находки в Арагоне *Sutneria platynota* лишь в зоне *hypselocyclum* (рис. 8.7)].

Причинами таких различий помимо уже отмеченных (неравномерность темпов эволюции в параллельных ветвях, биогеографическая дифференциация) для таксонов низшего ранга являются также экологические барьеры (например, с начала кимериджа аммониты рода *Prorastenia* широко расселились на северо-западе Евразии, но *P. quenstedti* Schind. не проникает восточнее Урала, в то время как сопутствующие виды могли обитать и в Зауральском бассейне) и неполнота сведений о диапазоне распространения в разрезах отдельных видов. С этим надо считаться всегда, даже в случаях массовых послонных сборов. Так, например, в основании кимериджа по р. Лево́й Боярке было собрано около 100 аммонитов, среди которых лишь один относился к подроду *Prionodoceras*, в то же время сборы из этого же слоя в разрезе р. Мало́й Романихи содержат 5 экземпляров *Prionodoceras* из общего числа 40 аммонитов. Естественно, в первом случае находка этого оксфордского аммонита в кимеридже могла быть объяснена неаккуратностью сборов.

Наконец, сведения о стратиграфическом диапазоне отдельных видов зависят и от полноты самих разрезов. Так, например, *Amoeboceras kitchini* в Англии и на севере СССР распространен в нижнем и в нижней части верхнего кимериджа. В Поволжье аналоги зоны *mutabilis* не установлены и, следовательно, остается неясным, ограничено ли распространение этого вида только нижним кимериджем, как это считается до сих пор рядом авторов [Сазонов, 1957; Герасимов и др., 1962]; судя по последним работам английских стратиграфов (Дж. Кэлломон, Сайкс), аммониты группы *Ringsteadia pseudocordata* встречаются выше *Prionodoceras serratum*, в то время как в бассейне р. Оки [Сазонов, 1965; Давиташвили, 1926] они как будто встречаются вместе. И в этом случае трудно определить, действительно ли здесь отмечается несовпадение стратиграфических диапазонов этих аммонитов, или в бассейне р. Оки они собраны из конденсированных слоев.

Таким образом, при широком прослеживании зоны, выделенной в объеме частной биозоны вида-индекса, ее границы могут оказаться диахронными. По-видимому, именно этим обстоятельством объясняются затруднения при зональной корреляции верхнего оксфорда северо-запада Евразии: чрезвычайно де-

тальная схема, разработанная в последнее время на разрезах Шотландии, не может быть распространена восточнее именно из-за несовпадения частных биозон индексов, по которым преимущественно и проводилась «зонация».

Нетрудно убедиться, что аналогичные выводы будут получены и при попытке широких корреляций, основанных на моментах расцвета отдельных родов, подродов и видов, и при использовании для этих же целей моментов исчезновения видов, в том числе и видов-индексов. Следовательно, единственной возможностью установления drobных биостратиграфических подразделений с изохронными границами является выделение зон совместного распространения, основанных на перекрывающих друг друга интервалах распространения характерных таксонов. Неповторимость такого сочетания и обеспечивает изохронность границ зоны, позволяет устанавливать четкие критерии ее выделения в разрезах и позволяет определять ареал зоны. Иначе говоря, границы зоны наиболее надежны, когда они установлены в результате анализа распространения по разрезам нескольких независимых линий ортогруппы. В этом случае появляется возможность диагностировать каждый зональный комплекс и уверенно находить верхнюю, нижнюю и боковые границы зоны. Разумеется, все это выполнимо лишь при условии, что зона выделена в разрезе, где представлены также подстилающая и перекрывающая зоны, т. е. выдержан «принцип смыкаемости».

Рассмотрим все сказанное на примере нижней зоны арктического кимериджа — зоны *Pictonia involuta* (рис. 8.27). Основными признаками ее являются: 1) наличие аммонитов группы *Pictonia involuta*; 2) исчезновение в ее подошве *Priono-*

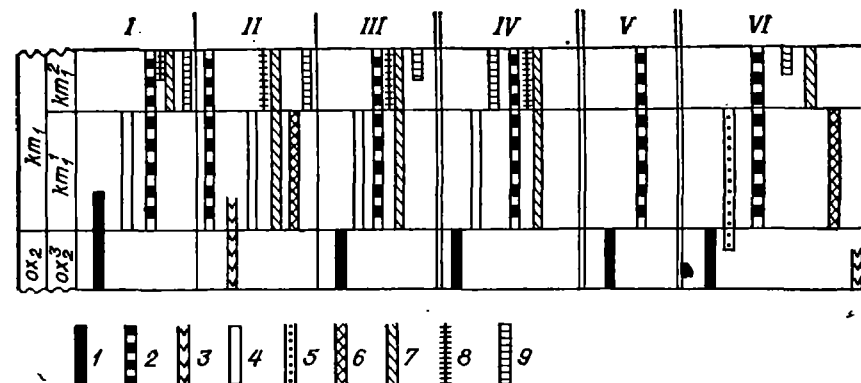


Рис. 8.27. Сопоставление низов нижнего кимериджа севера Евразии по диагностическим признакам зон (по М. С. Месежникову).

1 — *Prionodoceras*; 2 — *Amoebites*; 3 — *Ringsteadia*; 4 — *Pictonia* gr. *involuta*; 5 — *Pictonia* gr. *baylei*; 6 — *Prorrasenia*; 7 — *Rasenia*; 8 — *Rasenia borealis* Spath; 9 — *Zonovia*. I — бассейн р. Хатанги; II — Приполярный Урал; III — Восточная Гренландия; IV — диагностическая характеристика зоны *Pictonia involuta*; V — Таймыр; VI — Англия.

*doceras*; 3) появление в ее кровле *Zonovia*. 4) наличие по всему разрезу *Amoebites* и *Rasenia* s. s.

Большинство перечисленных признаков зоны отмечается во всех разрезах Западной Арктики от бассейна р. Хатанги до Гренландии, хотя в каждом районе имеется своя специфика (в бассейне р. Хатанги отсутствуют *Rasenia*, на Урале появляются *Prorrasenia*, а в Гренландии *Zonovia*, вероятно, приурочены к более высоким слоям и т. п.). Тем не менее во всех этих районах нижняя и верхняя границы зоны контролируются появлением или исчезновением не менее двух общих таксонов, что позволяет с большой долей вероятности полагать изохронность этих границ и выделять в пределах всего региона одну и ту же зону и рассматривать ее в качестве определенного этапа развития бореальных *Perisphinctidae* и *Cardioceratidae*. В Англии же группа *P. involuta* отсутствует, аммониты группы *P. baylei* появляются уже в конце оксфорда, а *Zonovia* — в середине зоны сумодосе и т. д.; на Таймыре в нижнем кимеридже вообще отсутствуют *Perisphinctidae*, т. е. в обоих случаях диагностические признаки зоны становятся существенно иными и в обоих случаях необходимо выделение других зон с другими видами-индексами. Таким образом, выделение и прослеживание зон по их диагнозам (частным определениям) представляется наиболее рациональным и объективным.

Как уже отмечалось [Месежников М. С., 1966], зональная стратиграфия сводится к корреляции ряда провинциальных зон. Такие корреляции становятся возможными благодаря существенным изменениям во времени границ палеозоогеографических провинций, что приводит к появлению разрезов, составленных зонами разных провинций (рис. 8.28). Именно благодаря различиям в размерах ареалов последовательно сменяющихся зон удается сопоставить каждую из них со стандартной зональной колонкой. Однако нельзя считать, что эти сопоставления основаны только на положении зоны в разрезе, они контролируются также и степенью преемственности зональных комплексов в любом отдельно взятом регионе. Более того, ана-

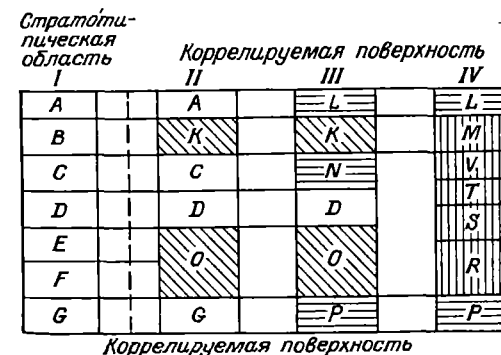


Рис. 8.28. Принципиальная схема отдаленной зональной корреляции, основанная на различиях ареалов отдельных зон [Месежников М. С., 1974]. Удовлетворительная корреляция достигается, несмотря на то что колонки I и IV не содержат общих зон.

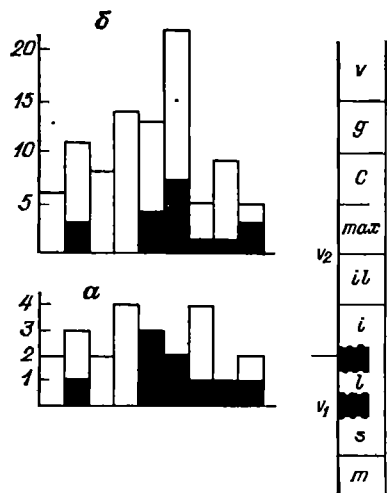


Рис. 8.29. Общее количество родов (а) и видов (б) аммонитов в отдельных зонах нижне- и средневожского подъярусов на Приполярном Урале [Захаров В. А., Месежников М. С., 1974].

Число таксонов, общих для двух смежных зон, показано заливкой. На сводной колонке видны перерывы в основании и кровле зоны I.

лиз изменения фауны на границе зон является самым объективным индикатором полноты разрезов. Полное обновление фауны на границе смежных зон, как правило, является одним из важнейших показателей перерыва.

На рис. 8.29 показана последовательность зон вожского яруса на восточном склоне При-

полярного\*Урала. Полное отсутствие общих видов и родов аммонитов в слоях, перекрывающих и подстилающих зону *Pectinatites lideri*, заставляет прийти к выводу о перерывах на ее границах. Этот вывод подтверждается полностью при рассмотрении всего Арктического бассейна, в подавляющем числе разрезов которого слои с *Pectinatites* ложатся непосредственно на верхний кимеридж. В то же время определенная генетическая связь мелких *Pectinatites* и *Pavlovia* позволяет считать перерыв в конце зонального момента *lideri* менее продолжительным. Другой способ зональной корреляции, наиболее четко показанный С. В. Мейеном [1974а], заключается в последовательном сопоставлении стратонев не по всему зональному комплексу, а лишь по его части, общей для двух смежных районов (рис. 8.30). Строго говоря, этот способ является основным, потому что полностью тождественные зональные комплексы в разных бассейнах и даже в разобобщенных разрезах одного бассейна встречаются лишь в виде редкого исключения. Это обстоятельство отражено и в диагнозах зон, которые включают не все таксоны зонального комплекса, а только их часть, причем эта часть составлена наиболее характерными и наиболее распространенными в пространстве формами.

Все рассмотренные примеры основывались на анализе ортофауны. Однако очень часто ортофауны имеют ограниченное распространение и в разрезах гораздо чаще встречаются парагруппы. Они в основном и используются для сопоставлений частных разрезов, причем достаточно часто позволяют коррелировать разрезы более детально, чем по ортофаунам, хотя такие корреляции, как правило, возможны лишь на ограниченной территории. В тех случаях, когда распространение в разрезах парагрупп увязано с находками ортофаун, они могут использоваться и для прослеживания на ограниченные расстояния

хронозон. Как уже отмечалось, в ряде случаев парагруппы позволяют выделять дробные биостратиграфические подразделения с изохронными границами. Несмотря на то что в целом афауны очень тесно связаны с фациями, отдельные группы, например, *Buchia*, *Inoceramidae*, некоторые бентосные фораминиферы и т. п. [Нирé, 1960; Henningsmoen, 1961]) как будто меньше зависят от фаций и могут привлекаться для широких сопоставлений. Причем, если подобная «независимость» от фаций микрофауны еще может быть объяснена переотложением, то удивительная выдержанность комплексов бухий и иноцерамов, по-видимому, связана с их эврибионтностью. Все эти явления существенно расширяют возможности выделения и прослеживания зон.

Наконец, существует и принципиальная возможность прослеживания зон в неморских отложениях. Эта возможность заключается в использовании палинологических данных [Мейнер В. В., 1962], разумеется, при условии перехода палинологов на видовые определения. Первые результаты сопоставления разнофациальных отложений на границе юры и мела в Англии [Casey, 1973] и верхней юры Норвегии [Birckelund, Thusu, Virgan, 1978] дают основание для оптимистических прогнозов и в отношении этой наиболее сложной (по Х. Хедбергу [Hedberg, 1965] неразрешимой) проблемы детальных стратиграфических исследований.

Провинциальная ограниченность зон чрезвычайно осложняет таксономию детальных хроностратиграфических подразделений. Приняв этот тезис, мы должны также принять и то, что хронозона является, по существу, составным таксоном, включающим стандартную зону, ряд провинциальных зон, тем или иным способом сопоставляемых со стандартной, и, наконец, ряд детальных биостратиграфических подразделений, установленных по парагруппам, позволяющим более или менее уверенно прослеживать зональный уровень в разрезах, где по каким-либо причинам зоны, основанные на ортофаунах, не могут быть выделены непосредственно (например, в разрезах скважин). Таким образом, если стандартная хроностратиграфическая шкала составляется на самом низшем уровне стандартными зонами, то в региональных шкалах необходимо

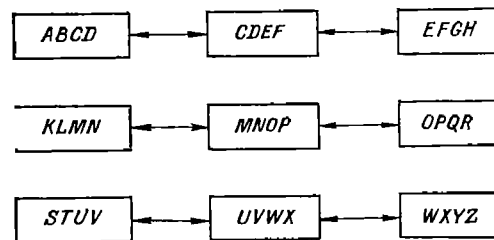


Рис. 8.30. Корреляция зон с помощью таксонов, общих для двух смежных районов [Мейен С. В., 1974а].

различать детальные биостратиграфические подразделения:

1) основанные на ортофаунах и позволяющие проводить корреляцию (прямую или опосредованную) со стандартной шкалой;

2) основанные на парафаунах, позволяющие проследить стратон первого типа;

3) применяемые для сугубо внутрирегиональных корреляций.

Упорядоченных названий для всех этих типов стратонов до сих пор не существует. С точки зрения формального удобства целесообразно называть стратон первого типа зонами, а стратон второго и третьего типа — слоями с фауной (флорой). Такой способ разграничения таксонов уже более 15 лет принят в практике работ Межведомственных стратиграфических совещаний при обобщении материалов по крупным регионам, а ныне рекомендован, в сущности, и в приложениях к «Стратиграфическому кодексу СССР».

Однако следует помнить, что под «слоями с фауной» в практике работ отечественных и зарубежных стратиграфов часто понимается подразделение, охарактеризованное вполне определенным комплексом фауны, но не имеющее непосредственного контакта с выше- или нижележащей зоной, т. е., иными словами, стратон, границы которого не могут быть определены биостратиграфическим методом. Наконец, слои с фауной могут быть основаны и на ортофауне. Так, например, верхнеплинских отложения на Северо-Востоке СССР содержат три зональных комплекса амальтеид. Находки хотя и многочисленных, но неопределимых до вида аммонитов рода *Amaltheus* в бассейне р. Алдан, естественно, не позволяют отнести эти аммониты к какой-либо определенной зоне и дают возможность лишь выделения верхнего плинсбаха в объеме «слоев с *Amaltheus*».

Наконец, следует учитывать, что для ряда систем палеозоя и кайнозоя необходимо выделение ряда параллельных зон, основанных на разных ортогруппах, например зоны по планктонным фораминиферам, радиоляриям, нанопланктону и диатомеям для палеогена.

С учетом сделанных замечаний взаимоотношение низших таксонов, используемых при хроностратиграфических и биостратиграфических сопоставлениях, можно представить в виде табл. 8.5.

Хронозона получает свое наименование по индексу стандартной зоны. Стратотип стандартной зоны (обычно расположенный в пределах стратотипической местности соответствующего яруса и дающий четкое представление о составе зонального комплекса, его взаимоотношениях с комплексами ниже- и вышележащей зон, т. е. о границах и объеме рассматриваемой зоны) является одновременно и стратотипом хронозоны. Для

отрезков стандартной хроностратиграфической шкалы, по которым еще не имеется единого ярусного деления, создаются на основе стратотипических разрезов региональных (поясных) ярусов соответствующие зональные стандарты, как это имеет место, например, для титона (Тетический пояс) и волжского яруса (Бореальный пояс). В перспективе при установлении

Таблица 8.5

Соотношение зональных подразделений стандартной и региональных шкал

Стандартная шкала	Региональная шкала			
	Зоны по разным группам		Слон с фауной по разным группам	
Стандартная зона 1	Зона	Зона	Слон с фауной	Слон с фауной
Стандартная зона 2	Зона		Слон с фауной	Слон с фауной
Стандартная зона 3	Зона		Слон с фауной	Слон с фауной
Хронозоны (1—3)				
Биостратиграфические зоны				

единого яруса и отказе от региональных (поясных) ярусных подразделений зональные шкалы параллельных ярусов автономически трансформируются в обычные региональные зональные колонки.

#### 8.4.2. Ярус

Ярусы были выделены в 1842 г. А. д'Орбиньи для сопоставления разнофацальных морских отложений юры и мела Западной Европы. Это сопоставление проводилось им по палеонтологическим данным, хотя для каждого яруса А. д'Орбиньи указал типичную формацию, что привело впоследствии к ряду недоразумений. Так, например, типичной формацией кимериджа были указаны Кимериджские глины, а типичной формацией портланда — Портландские пески и Портландский камень Дорсета (Южная Англия). Между тем палеонтологическая характеристика портландского яруса была приведена по разрезу Булони (Нормандия), где нижняя часть яруса охарактеризована аммонитами, встречающимися в верхней части кимериджских глин Дорсета. Это обстоятельство явилось причиной более чем вековой дискуссии с одной стороны английских,

а с другой — континентальных (прежде всего французских и русских) геологов, которая закончилась лишь после того, как вместо портландского яруса для бореальной юры был принят волжский [Герасимов П. А., Михайлов Н. П., 1966; Casey, 1967].

А. д'Орбиньи, таким образом, вполне определенно отдавал примат палеонтологическому обоснованию яруса. В то же время он не видел принципиальных отличий между ярусом и зоной [Monty, 1968]. А. Оппель, однако, уже ясно различал эти понятия, считая ярусы группировками зон. В настоящее время большинством биостратиграфов принято, что эти группировки соответствуют этапам существования некоторых наиболее характерных для палеозоогеографической провинции, к которой принадлежит стратотипическая местность яруса, семейств или подсемейств ортофаун, хотя, как правило, границы ярусов и биозон этих семейств и подсемейств не совпадают.

Ярус оказался наиболее удобным подразделением для региональных и межрегиональных корреляций, вследствие чего многие геологи считают его основным стратонимом хроностратиграфической шкалы, своего рода «метром» стратиграфии [Егоян В. Л., 1969]. Действительно, с помощью яруса легче всего проводится сопоставление свит, он охватывает отрезок времени, достаточно протяженный для обоснованных палеогеографических реконструкций, и, наконец, устанавливается без таких кропотливых специальных исследований, которые требуют выделения зон. Современное определение яруса дано в «Международном стратиграфическом справочнике» (1978, с. 92, 93): «Ярус — хроностратиграфическое подразделение относительно малого ранга в общепринятой иерархии официальных хроностратиграфических подразделений, представляющее собой относительно небольшой интервал геологического времени. Геохронологический эквивалент яруса называют веком, он несет то же название, что и соответствующий ярус». К этому определению близки и определения в «Стратиграфическом кодексе СССР» [1977] и в американском «Кодексе стратиграфической номенклатуры» [Жамойда А. И., Ковалевский О. П., Моисеева А. И., 1969], однако в обоих этих изданиях подчеркивается подчиненность яруса отделу, что представляется излишним, поскольку отдел получает столь же феноменологическое определение, как и ярус.

Ярусы получают географические названия по местности, в которой они были выделены. Эта местность может быть указана очень точно (например, берриасский ярус назван по дер. Берриас), а может быть названа и в самой общей форме (например, башкирский, скифский). Наконец, изредка встречаются и не географические названия ярусов: верхний ярус южноевропейской юры был назван А. Оппелем титонским, по имени супруга богини Авроры.

Объем ярусов первоначально определялся по их стратотипам, однако, как уже отмечалось (см. 8.5, рис. 8.23), при более детальном исследовании выяснились недостатки этого метода, приводившие к перекрытиям и, напротив, к появлению пропусков в разрезе. В этом отношении очень показательна история ветлянского горизонта верхней юры, который был установлен в 1901 г. Д. Н. Соколовым в бассейне рек Урала и

Таблица 8.6

Соотношение зон и ярусов ордовика [Стратиграфические подразделения, 1977]

Ярусы	Зоны по граптолитам	Зоны по конодонтам
Ашгнлл	<i>D. anceps</i>	<i>Amorphognathus ordovicus</i>
	<i>D. complanatus</i>	
Карадок	<i>P. linearis</i>	<i>Am. superbus</i>
	<i>D. clingani</i> <i>C. wilsoni</i> <i>C. perlifer</i>	<i>Am. tvaerensis</i>
	<i>N. gracilis</i>	<i>Pygodus anserinus</i>
Лландейло	<i>J. feretinculus</i>	<i>P. serrus</i>
Лланвирн	<i>D. murchisoni</i> <i>D. bifidus</i>	

Илека. Д. И. Иловайский, изучив фауну ветлянского горизонта, отнес его к переходным горизонтам от кимериджа к волжскому ярусу и, поскольку в типовых разрезах волжского яруса ветлянские слои в то время были неизвестны, предложил выделять его в качестве самостоятельного ветлянского яруса. Однако фауна ветлянского горизонта достаточно хорошо сопоставима с фауной нижнего титона. На этом основании, учитывая в принципе совпадающие объемы титона и волжского яруса, В. И. Бодылевский предложил в 1953 г. рассматривать ветлянский горизонт в качестве нижней зоны волжского яруса. Впоследствии Н. П. Михайлов [1964] установил полное развитие ветлянского горизонта в лектостратотипе волжского яруса,

разделил этот горизонт на три зоны и внес предложение, в настоящее время общепринятое, рассматривать ветлянский горизонт в качестве нижнего подъяруса волжского яруса.

Таким образом, в настоящее время представляется гораздо более перспективным устанавливать объемы ярусов путем определения его нижней и верхней зон. Действительно, признавая ярус определенной группировкой зон, мы можем вполне однозначно судить о его объеме и границах, как только будут указаны нижняя и верхняя зоны этого яруса. Преимущества подобного подхода к определению объемов ярусов столь очевидны, что О. Шиндевольф [1975] вообще полагал стратотипы ненужными и даже вредными. По-видимому, подобная точка зрения все же излишне категорична. Рассмотрим для примера зональное деление ордовика (табл. 8.6).

Ярусы ордовика были установлены по брахиоподам и трилобитам. Установленные в других разрезах зональные подразделения имеют и другие границы. Корректировка границ, как это было сделано для большинства ярусов юры и мела, затруднена тем, что четкое зональное деление стратотипов по граптолитам и конодонтам отсутствует. Поэтому большинство ярусных границ ордовика, по крайней мере в настоящее время, не может быть определено с помощью зонального стандарта. Как бы то ни было, стратотипы в значительной мере влияют на наши представления об объеме ярусов и отказываться от использования их для этих целей преждевременно.

Более частым, но столь же объективным, как и использование зон, методом установления объемов ярусов является выделение стратотипов их границ (рис. 8.31). Этот метод в прин-

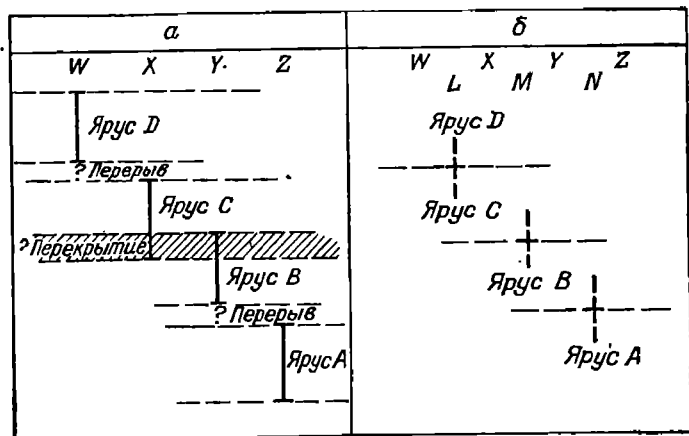


Рис. 8.31. Определение ярусов с помощью стратотипов местных границ (Международный стратиграфический справочник, 1978).

ципе дает такой же непрерывный стандартный разрез, как и использование последовательности зональных уровней, но обладает и теми же недостатками, так как стратотипы границ и стратотипы ярусов могут быть разобщены в пространстве.

Имеется еще одна сложность в определении объемов ярусов: всегда существует опасность встретить новые горизонты, учтенные стандартной зональной последовательностью. Поэтому английские стратиграфы Дж. Кэлломон и Д. Доновэн [1966] предложили устанавливать объемы ярусов с помощью маркирующих точек в основании каждого яруса. Кровля яруса в этом случае будет определяться маркирующей точкой в основании вышележащего яруса. Таким образом, все новые зоны, которые могут быть выявлены между самой верхней из известных в настоящий момент зоной какого-либо яруса А и маркирующей точкой в основании вышележащего яруса В, будут автоматически относиться к ярусу А. Это очень остроумное предложение, бесспорно, делает хроностратиграфическую шкалу более гибкой, способной к безболезненным пополнениям и уточнениям. Уязвимым местом этого предложения являются подчас большие разногласия при установлении самих маркирующих точек.

В настоящее время ярус является общепризнанным хроностратиграфическим подразделением общей стандартной шкалы, т. е. стратоном, имеющим в принципе планетарное распространение. В то же время по многим системам фанерозоя, и прежде всего по системам кайнозоя, общее ярусное деление еще не достигнуто. Однако причину этого следует видеть не в провинциальном характере ярусов, как это еще недавно полагали многие геологи (см. например, «Стратиграфические и геохронологические подразделения», 1954 г.), а в недостаточной еще изученности некоторых стратиграфических уровней и в переходе на другие группы ортофауны. До тех пор, пока эти исследования не будут доведены до определенного уровня, необходимо считаться с возможностью существования помимо стандартных и региональных (поясных) ярусов.

#### 8.4.3. Отдел

Понятие отдела было введено в геологию Л. фон Бухом в 1839 г. при описании юрских отложений Швабии и Франконии.

Под отделом понимается часть системы, состоящая из нескольких ярусов. Геохронологическим эквивалентом термина отдел является эпоха.

Обычно система включает 2—3 отдела, которые обозначаются с помощью приставок ниже-, средне- и выше-, например нижнедевонский, среднетриасовый, верхнемеловой или нижний девон, средний триас, верхний мел. Соответствующие

эпохи называются раннедевонская, среднетриасовая, позднемеловая. Отделы не имеют стратотипов, их объем складывается из объемов входящих в отделы ярусов. Однако в случае возникновения дискуссий могут устанавливаться стратотипы нижней и верхней границ отделов. Отделы для многих систем фанерозоя установлены однозначно, и их число не вызывает сомнения (кембрий, девон, триас, юра). Для некоторых систем количество отделов еще является предметом обсуждения (пермь, мел, системы кайнозоя). Отделы иногда делятся на подотделы (надъярусы), например неоком, сенон.

#### 8.4.4. Система

История выделения систем фанерозоя рассмотрена в разделе I. Система представляет собой достаточно крупное хроностратиграфическое подразделение, охватывающее 2—3 отдела и входящее в состав эратемы (группы). Геохронологический эквивалент системы называется периодом. Продолжительность периодов от 20 до 70 млн. лет. Названия систем произвольны и указывают на порядок залегания (третичная система), на характерное членение (триас), иногда имеют географическое происхождение (девон, юра), иногда содержат указание на состав (карбон, мел) или на область обитания древних племен (силур).

Как и отдел, система не имеет стратотипа. Ее границы отделяются стратотипами границ, а объем соответствует суммарному объему отделов, входящих в систему.

Практически все системы имеют планетарное распространение. Выделение в некоторых регионах, например в Южной Африке, своих «региональных систем» следует объяснять не столько особенностями этих «систем», сколько традициями соответствующих геологических школ.

Несмотря на планетарное распространение систем, их границы, почти без исключения, являются предметами длительных дискуссий, которые, однако, начинают завершаться принятием согласованных решений, как это имело место для границы силура и девона [Соколов Б. С., 1970].

#### 8.4.5. Эратема (группа)

В 1841 г. Дж. Филлипс разделил все известные к тому времени осадочные образования, охарактеризованные фауной, на три крупные части: палеозой, мезозой и кайнозой. Эти названия, отражавшие различные уровни развития жизни на Земле, были широко восприняты всеми геологами и в настоящее время являются общеупотребительными для фанерозоя.

Палеозой, мезозой и кайнозой вначале были выделены (II Международный геологический конгресс, 1881 г.) под на-

званием групп. Геохронологическим эквивалентом групп является эра. По предложению Комиссии Е. Реневье в 1900 г. на VIII Конгрессе термин «группа» был упразднен и для рассматриваемых единиц оставлены только геохронологические названия. Впоследствии термин группа был вновь восстановлен, а затем ввиду разного его значения в европейской и американской геологии заменен термином эратема.

Несмотря на то что эратемы фанерозоя прочно вошли в употребление, ряд геологов, основываясь главным образом на разной продолжительности палеозоя и мезозоя, обсуждают вопрос о дальнейшем делении палеозоя. Так, В. В. Друшиц и В. Н. Шиманский [1978] предлагают разделить палеозой на талассозой (кембрий, ордовик, силур, т. е. палеозой в понимании автора этого термина А. Седжвика) и метазой (девон, карбон, пермь). Эта точка зрения разделяется и некоторыми другими геологами [Садыков А. М., 1974 и др.].

Таблица 8.7

Общая стратиграфическая шкала докембрия СССР (по Б. С. Соколову [1978])

Зоны	Шкала докембрия СССР		
Фанерозой 570 ± 20	Палеозой	Кембрий 570 ± 20	
Протерозой 2600 ± 100	Верхний	Венд 680 ± 20	
		Кудаш	700 ± 25
		Верхний	1050 ± 50
		Средний	1350 ± 50
		Нижний	1650 ± 50
	Нижний	Карелий (афебий) 2600 ± 100	1900 ± 100 2300 ± 100
Архей	3000 ± 100 >3500		

#### 8.4.6. Эонотема

Наконец, для разграничения до- и послекембрийских образований, т. е. отложений, к которым, по крайней мере в момент установления этого деления, применим и неприменим биостратиграфический метод, Г. Чедвик в 1930 г. предложил термины фанерозой — время явной жизни и криптозой — время скрытой жизни. Фанерозой и криптозой были выделены, таким образом, как геохронологические подразделения и получили название эон. Соответственно стратиграфическое подразделение, отвечающее эону, получило затем название эонотема.

По своей продолжительности фанерозой и криптозой сопоставимы. Если первому отвечает интервал около 600 млн. лет, то второй охватывает около 3 млрд. лет. Естественно думать, что докембрийские отложения включают ряд эонотем, различающихся по радиологическим датировкам, эпохам складчатости и характеру метаморфизма пород. Общая схема расчленения докембрия представлена в табл. 8.7.

В последнее время изучение древнейших организмов позволило предложить для рифея ряд палеонтологических горизонтов, соответствующих отрезкам геологического времени продолжительностью от 150 до 400 млн. лет. По-видимому, в перспективе реально распространить палеонтологические методы корреляции разрезов по крайней мере на рифей, т. е. охватить толщу пород, накапливавшуюся в течение 1600 млн. лет.

Для эонов докембрия было предложено несколько схем классификаций, которые так или иначе основаны на группировке этих эонов в еще более крупные единицы — мегахроны.

## 9

### СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ СХЕМЫ, ПОРЯДОК ВЫДЕЛЕНИЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ И ИХ НОМЕНКЛАТУРА

#### 9.1. ТИПЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ СХЕМ

В силу исторически сложившихся причин общая, или международная, геологическая шкала создавалась преимущественно на ограниченной территории Западной Европы, что обуславливает, как мы уже отмечали, трудность, а зачастую и невозможность непосредственного применения за пределами последней целого ряда дробных подразделений международной шкалы. Во многих случаях применение международной шкалы в условиях недостаточной палеонтологической охарактеризованности разреза приводит к ошибочным сопоставлениям, обуславливает различную оценку возраста одних и тех же отложений отдельными исследователями. Кроме того, и это главное, использование только международной шкалы не позволяет в полной мере отразить специфику строения осадочных серий отдельных регионов. В силу этого в практику геологических исследований широко вошло использование стратиграфических схем местного значения. Среди местных стратиграфических схем нами в свое время было предложено различать следующие две основные категории: локальные (местные) и региональные схемы [Степанов Д. Л., 1941, 1951, 1954, 1958].

Местные схемы разрабатываются применительно к конкретным условиям определенного геологического района. Например, можно говорить о локальных стратиграфических схемах Уфимского плато, Ишимбайского нефтеносного района и т. п. Местные стратиграфические схемы обычно имеют вспомогательный рабочий характер. Область применения таких схем определяется прежде всего их детальностью. Чем детальнее схема, тем ограниченнее площадь ее применения. Иногда, особенно в открытых районах с широким развитием морских толщ, стратиграфические подразделения местной схемы должны рассматриваться как временные, от которых в дальнейшем можно будет отказаться, распространив на данный район региональную схему. В основу местных стратиграфических схем обычно кладется выделение литостратиграфических подразделений — свит и их производных.

Особенно детальные местные схемы необходимы при разведке и эксплуатации месторождений, связанных с осадочными толщами, и в первую очередь месторождений горючих ископаемых — нефти, газа, угля. На местных стратиграфических схемах такого рода необходим уже показ не только подсвит и отдельных пачек, но и каждого продуктивного пласта. Вместе с тем на подобных схемах важно сохранить и ту общую характеристику продуктивных

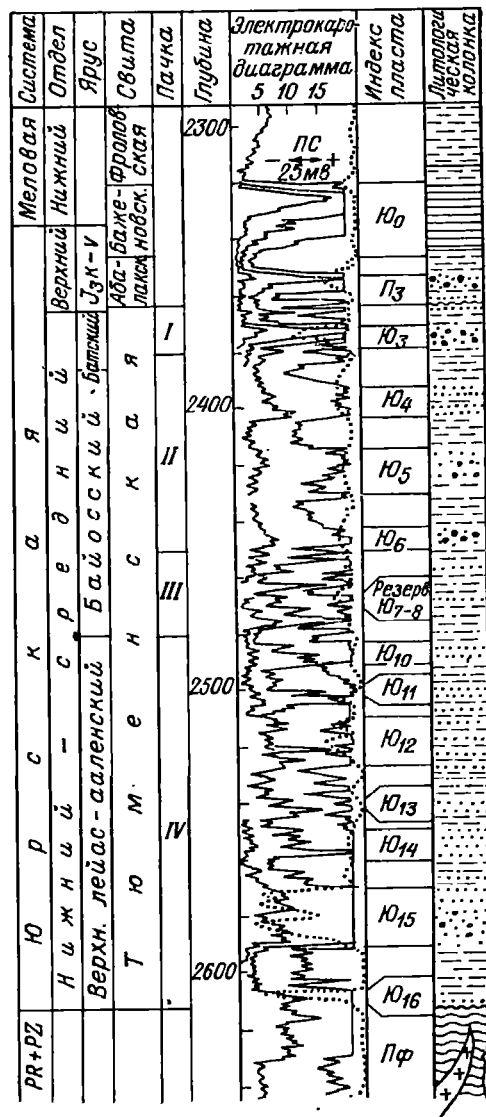


Рис. 9.1. Схема детального расчленения и индексации продуктивных пластов юрских отложений Красноленинского свода (Западная Сибирь) [Елисеев В. Г., 1978].

свит, которая поможет при поисках полезного ископаемого на других площадях. Поэтому, как правило, даже самые детальные местные стратиграфические схемы сочетают стратонами как сугубо локальные (пласт, пачка), так и региональные (свита, серия) (рис. 9.1).

Региональные схемы создаются для более или менее крупных геологических регионов, под которыми понимаются области, характеризующиеся общностью истории геологического развития (примеры: Русская платформа, Урал и т. п.). Региональные схемы строятся на базе увязки отдельных местных схем, для которых они служат своего рода «общим знаменателем», и должны являться основой для палеогеографических и тектонических построений.

В отличие от местных схем, нередко имеющих, как указывалось выше,

временный рабочий характер, региональная схема, синтезирующая ряд местных схем, для определенного региона должна в известной мере заменить международную шкалу. Отсюда вытекает необходимость предъявлять к региональным схемам требование большей обоснованности и стабильности по сравнению с локальными схемами. В то же время в связи с обширностью территорий, для которых разрабатываются региональные схемы, степень их детальности неизбежно должна уступать детальности локальных схем.

Указанные задачи определяют и различия в методике установления стратиграфических подразделений местной и региональной схем. В основу разработки местных схем, как уже указывалось, обычно кладется принцип выделения литостратиграфических (литогенетических) единиц, в частности свит в вышеприведенном понимании этого термина. Палеонтологический метод при разработке локальных схем обычно имеет подчиненное значение.

Региональные стратиграфические схемы должны строиться на основе комплексного использования палеонтологического, литологического и диастрофического методов, причем основными стратиграфическими категориями в данном случае должны служить местная зона и горизонт. Эти подразделения могут совпадать по объему с соответствующими подразделениями общей шкалы (зона, подъярус, ярус) или иметь несовпадающие с ними границы. Во всех случаях, однако, объем местных зон, и особенно горизонтов, следует определять путем сопоставления с общей шкалой. Важной особенностью региональных схем является соответствие основных подразделений этих схем естественным этапам развития регионов. Поэтому границы указанных подразделений часто оказываются приуроченными к несогласиям, сменам циклов осадконакопления и т. п.

Региональные стратиграфические схемы состоят из двух частей. Справа приводятся скоррелированные сводные разрезы отдельных районов (местные стратиграфические схемы) с указанием названий, вещественного состава, палеонтологической характеристики и мощностей литостратиграфических единиц; условными значками показаны их взаимоотношения (несогласия, фациальные переходы, перерывы). Слева показываются основания корреляции: приводятся названия местных зон и, если надо, горизонтов (региональных ярусов), сопоставленные с общей шкалой, а также названия и объемы различных фаунистических горизонтов и слоев с фауной (как правило, раздельно по группам) и, наконец, списки различных фаунистических и флористических комплексов, на основании которых установлены региональные биостратиграфические единицы (табл. 9.1).

Региональная стратиграфическая схема объединяет колонки районов в разной географической последовательности. Она

является промежуточным геологическим документом между сводным разрезом и геологическим профилем. Региональные стратиграфические схемы, таким образом, отвечают унифицированным схемам в трактовке «Стратиграфического кодекса СССР».

**Таблица 9.1**

Региональная стратиграфическая схема (по «Стратиграфическому кодексу СССР» [1977], с некоторыми изменениями)

Общая стратиграфическая шкала					Региональные биостратиграфические подразделения					Корреляция сводных разрезов отдельных районов				
Система	Отдел	Ярус	Подярус	Стандартная зона (и подзона)	Горизонт (рыг на. в. ный ярус)	Зона (и подзона)	Слон с фауной (флорой) и их характерные комплексы				Район 1	Район 2	Район 3	Район 4
							Группа 1 (на-пример, дву-створки)	Группа 2 (на-пример, брахиоподы)	Группа 3 (на-пример, фораминиферы)	Группа 4 (на-пример, флора)				
					(При необ-ходности)						(Краткая характеристика свит, подсвит и па-чек с указа-нием литоло-гии, комплек-сов фауны и флоры и биострати-графических подразде-лений, устано-вливаемых по ним, мощ-ности. Специальными значками по-казывается взаимоотно-шение свит и отсутствие осадков)			

Помимо двух рассмотренных категорий стратиграфических схем местного значения — локальных и региональных — можно говорить еще и о межрегиональных схемах. Последние могут создаваться для нескольких соседних регионов, нередко различных в отношении истории геологического развития и могущих принадлежать в отдельные эпохи к различным палеобиогеографическим областям и провинциям. Примером межрегиональных

Таблица 9.2

Корреляция плинбахских отложений (зоны, слои) севера Евразии, Гренландии и севера Америки (Стратиграфия юрской системы севера СССР, 1976 г.)

Район	Поларный	Старая зона	Север и Восток СССР	Дальний Восток	Аляска	Арктика	Западная Канада	Восточная Гренландия	Шницберг	Япония
Верхний		Pleuroceras spinatum	Amaltheus villigaensis	Amaltheus exilis	Слон с Amaltheus spp.	Amaltheus spp.	Pleuroceras ?	?	Слон с Trochammina lapidosa, Myophoria cf. lingoensis	Fontanelliceras cf. fontanellese
		Amaltheus margaritatus	Amaltheus talrosei	Amaltheus talrosei			Amaltheus sp.			
		Amaltheus stokesi	Amaltheus stokesi	Amaltheus stokesi	Amaltheus stokesi	Amaltheus stokesi	Amaltheus stokesi			Слон с Amaltheus stokesi
Нижний		Prodactylloceras davoei	Слон с Poly morphites	Слон с Uptonia?	С и с Acanthopleuroceras, Luloceras cf. fimbriatum	Prodactylloceras	Prodactylloceras davoei	Слон с Androgoceras?, Beanticeras		Слон с Deroceras
		Tragophylloceras ibex					Acanthopleuroceras			
		Uptonia jameso		Слон с Uptonia			Uptonia	Слон с Uptonia		

шкал могли бы служить стратиграфические схемы, пригодные для расчленения и корреляции таких различных в указанных отношениях регионов, как Русская платформа, Урал, Донбасс и Днепровско-Донецкая впадина. Подобные межрегиональные схемы, охватывающие огромные и разнородные в структурном отношении территории, могут создаваться лишь на основе био-стратиграфического метода. Поэтому в первую очередь на них показываются местные зоны или более крупные подразделения, установленные на основе изучения палеонтологического материала (табл. 9.2).

## 9.2. ПОРЯДОК УСТАНОВЛЕНИЯ НОВЫХ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ. СТРАТОТИПЫ

Несмотря на то что правила, регламентирующие установление новых стратиграфических подразделений, приведены во всех национальных стратиграфических кодексах и рекомендациях стратиграфических комиссий, сложность строения осадочных толщ отдельных территорий и зачастую недостаточная информация о составе, палеонтологической характеристике и форме залегания отдельных тел, наконец, изменение взглядов на уже сложившееся расчленение и часто невозможность удовлетворительного сопоставления со стратиграфическими представлениями предшественников — все это приводит к бесконечным отступлениям от сформулированных правил.

При разработке стратиграфии какого-либо района прежде всего следует избегать установления местных подразделений и особенно введения новых названий для них, без особой на то необходимости. Дело в том, что отдельные геологи грешат тенденцией к установлению местных подразделений под особыми наименованиями для каждого планшета геологической съемки, на котором они работают. Нередко имеет место стремление дать новое название для тех же стратиграфических единиц, которые ранее в соседних районах были уже выделены и названы. Это приводит к загромождению геологической литературы бесчисленными названиями, нередко совершенно излишними и не имеющими права на существование.

Следует помнить известный афоризм: «Геолог, который отзывается с пренебрежением о своих предшественниках, рискует заслужить такую же оценку своих последователей» [Данбар К., Роджерс Дж., 1962, с. 285].

Как правило; стремление к установлению большого числа новых названий отражает либо неопытность геолога, либо недостаточность материалов, имеющихся в его распоряжении. Иногда этот недостаток геологической информации имеет объективные причины. Так, при работе в закрытых районах геологи расчленяют и сопоставляют разрезы на основании изучения керна скважин и различных видов каротажа. При недо-

статке или полной утрате керна вновь начинающий в этом районе специалист почти наверняка будет вынужден предлагать свое деление разреза, так как воспользоваться результатами исследований своих предшественников он просто не сможет. Отсюда ясно огромное значение организации сети хранилищ каменного материала, и в первую очередь уникальных коллекций керна.

Для того чтобы выделение местной стратиграфической единицы (свиты, горизонта и пр.) могло быть признано обоснованным, необходимо соблюдение следующих условий.

1. Стратиграфическая единица должна быть четко охарактеризована в отношении ее литологического состава.

2. Должна быть приведена мощность свиты, а для сильно изменчивых отложений — пределы колебаний мощности.

3. Должны быть охарактеризованы нижняя и верхняя границы выделяемой единицы с указанием на характер соотношения с подстилающими и перекрывающими отложениями.

4. Следует дать возможно более полную палеонтологическую характеристику выделяемой единицы, устанавливающую ее положение в общей геохронологической шкале.

5. Для обоснования самостоятельности выделяемой единицы необходимо привести сравнение с близкими по вещественному составу или по геологическому возрасту отложениями сопредельных районов.

6. Обязательно выделение и точное указание местоположения типичного разреза устанавливаемой стратиграфической единицы или стратотипа.

Это последнее требование имеет особое значение. Несоблюдение его зачастую создает значительные неудобства. Примером могут служить те разногласия, которые возникли в связи с пониманием объема и границ кунгурского яруса. Автор последнего, А. А. Штукенберг, при установлении его не дал определенного указания на стратотипический разрез. Вследствие этого оказалось неясным, следует ли в качестве такового принимать разрез северной части Уфимского плато — окрестности г. Кунгура, как принимали Н. П. Герасимов, Е. И. Тихвинская и другие исследователи, или же удаленный от первого на добрую сотню километров разрез восточной окраины Уфимского плато, как считает В. Д. Наливкин.

В то же время следует помнить, что стратотип, отражая первоначальное понимание стратона, не может, естественно, заключать всю информацию о его изменчивости в пространстве. Поэтому наличие разрезов, слои которых в какой-то степени отличны от описанных в стратотипе, не может служить автоматическим указанием на необходимость выделения в этих разрезах нового стратона. Последнее целесообразно лишь в том случае, если устанавливаются принципиальные отличия этих слоев от слоев, описанных в стратотипе какой-либо свиты.

Стратотип подразделения неизбежно отражает определенный этап изучения разреза. Поэтому в принципе не исключена ревизия стратотипа и изменение объема выделенных в нем подразделений. Однако законными такие ревизии будут лишь после всестороннего их обсуждения и последующего утверждения МСК.

Стратотипы как важнейшие геологические эталоны необходимы для всех категорий стратиграфических подразделений. Для литостратиграфических подразделений стратотипы служат стандартом характерных литологических признаков и стандартом границ (рис. 9.2). Стратотипы биостратиграфических подразделений являются стандартом состава фаунистических или флористических комплексов и характера их изменений на границах. Стратотипы хроностратиграфических подразделений являются стандартом для их определения.

Обычно в качестве стратотипа выбирается какой-либо определенный разрез. Однако в ряде случаев стратотип составляется из нескольких разрезов, расположенных в пределах одного района или местности, которые соответственно получают название стратотипического района или стратотипической местности.

Достаточно часто выбранный ранее стратотип оказывается неудачным (например, стратотип байосского яруса в Нормандии представлен конденсированными слоями), либо содержит ряд перерывов, либо, наконец, утрачивается в силу геологических или антропогенных причин. В этом случае необходимо выделение дополнительных типовых разрезов. Международный стратиграфический справочник рекомендует следующую классификацию типовых разрезов.

1. Голостратотип — первоначальный стратотип, установленный автором при выделении стратиграфического подразделения.

2. Парастратотип — дополнительный стратотип, использованный автором подразделения для уточнения его характеристики.

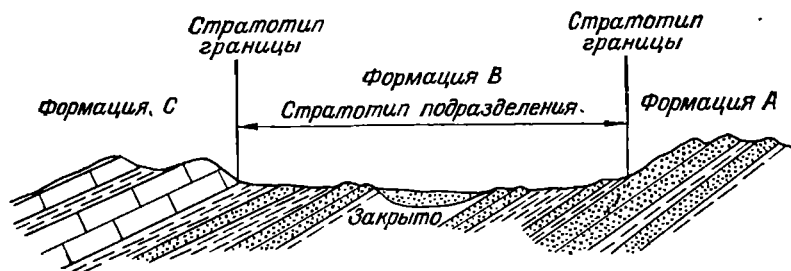


Рис. 9.2. Стратотип литостратиграфического подразделения (Международный стратиграфический справочник, 1978 г.).

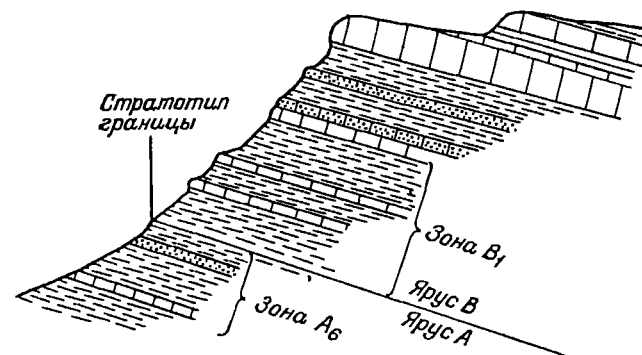


Рис. 9.3. Стратотип границы (Международный стратиграфический справочник, 1978 г.).

3. Лектостратотип — стратотип, выбранный позднее в тех случаях, когда он не указывался автором стратона в момент его установления.

4. Неостратотип — новый стратотип, установленный при физическом уничтожении или аннулировании прежнего.

5. Гипостратотип — справочный разрез, выделенный для расширения характеристики стратона применительно к другому району или другой фациальной зоне. Является подчиненным по отношению к голостратотипу.

В ряде случаев, особенно при установлении границ крупных хроностратиграфических подразделений, таких как системы и отделы, оказывается, что их границы плохо охарактеризованы в типовых разрезах или в типовой местности. В этом случае в конкретном разрезе, который может быть расположен за пределами стратотипического района, но принадлежит к той же палеозоогеографической провинции, выбирается стратотип границы этого подразделения (рис. 9.3). Разумеется, необходимо, чтобы стратотип границы выбирался в непрерывном, желательно в монофациальном и хорошо охарактеризованном фауно-разрезе.

### 9.3. НАЗВАНИЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

При разработке региональных и локальных стратиграфических схем и связанном с этим выделении новых стратиграфических подразделений нередко возникает вопрос об их наименовании. В последнее время намечена регламентация правил наименования стратиграфических подразделений (СКТН, 1965; Проект стратиграфического кодекса СССР, 1970; Стратиграфический кодекс СССР, 1977). Ниже мы остановимся на некоторых примерах практического применения этих правил.

Для обозначения подразделений региональных и местных стратиграфических схем наиболее рационально использовать

названия, образованные по географическому признаку. При этом предпочтительно по возможности пользоваться названиями природных географических пунктов (как-то: рек, гор и пр.), вблизи которых расположен типичный разрез (стратотип) данного стратиграфического подразделения. Менее желательно использование в этих случаях названий населенных пунктов, особенно мелких поселков, деревень, хуторов, которые нередко подвергаются переименованию, а иногда и перемещению. В качестве примера можно привести маршрут по р. Сылве на западном склоне Среднего Урала. Во время этого маршрута не удалось обнаружить многих хуторов и выселков, указанных в работах П. И. Кротова, А. А. Штукенберга и других авторов конца прошлого столетия, приводивших их в качестве опорных пунктов для привязки описанных ими выходов пермских отложений и местонахождений пермской фауны.

При выборе наименований для стратиграфических подразделений различного таксономического ранга желательно соблюдать известную соподчиненность и в масштабах географических единиц, используемых в качестве названий. Так, если для названий свит и горизонтов вполне уместно применить название небольшой реки, ручья или горы (например, ускалыкская свита, тастубский горизонт), то для ярусов и серий предпочтительнее избирать наименования более крупных географических элементов, как например, башкирский ярус, верхоянская серия — («верхоянский комплекс»).

Конечно, подобного рода рекомендации не могут считаться обязательными, и во всяком случае несоответствие им того или другого названия стратиграфического подразделения не может служить основанием для переименования последнего.

Нежелательными для стратиграфических схем, претендующих не на сугубо временный характер, а на известную стабильность, являются наименования, основанные на литолого-петрографических или палеонтологических признаках (пример: песчано-конгломератовая свита, коралловая свита). Также нежелательны наименования, отражающие другие отдельные и в некоторых случаях малообъективные и трудноуловимые признаки вроде окраски или плотности слагающих свиту пород (пример: белесоватая свита, рыхлая свита и т. п.).

Сделанные выше рекомендации относятся к литостратиграфическим и хроностратиграфическим подразделениям. Для обозначения биостратиграфических подразделений, т. е. зон различных категорий, следует сохранить установившуюся практику наименований по характерному для зоны роду или виду.

Во всех случаях номенклатуры стратиграфических подразделений следует избегать синонимии (разных названий одних и тех же стратиграфических единиц) и гомонимии (одинаковых названий различных стратиграфических подразделений). К со-

жалению, наши стратиграфы не уделяют должного внимания этому положению. Стало обычным и вошедшим в порядок вещей, что одно и то же подразделение фигурирует под разными названиями в зависимости от вкуса или приверженности автора названия или его последователей. Например, швагериновый горизонт фигурирует в литературе под названием тингского, ассельского и уральского горизонтов или ярусов. Делались попытки дополнить этот ассортимент еще названиями ательский и султангуловский горизонты (ярусы). До сих пор конкурируют в нашей литературе два названия нижнего яруса среднего карбона — башкирский (1934 г.) и каяльский (1941 г.), не говоря уже о полузабытом, но могущем претендовать на приоритет мартьяновском ярусе (1931 г.).

Немало в нашей стратиграфической литературе и прочно укоренившихся в ней гомонимов, избежать которых, правда, значительно труднее, чем синонимов. Так, нет ничего удивительного в том, что выделяя в разрезе нижнего карбона северо-западного крыла Подмосковского бассейна свой «угловский горизонт», М. Э. Янишевский (1946 г.) мог не знать о существовании «угловской свиты», выделенной в 1927 г. Б. М. Штемпе-лем в разрезе третичных отложений Южно-Уссурийского края.

Значительно труднее объяснить чреватый возможными недоразумениями случай гомонимии, который представляет название «лебедянские слои», предложенное недавно для отложений живетского яруса среднего девона Кузбасса, несмотря на существование установленных еще в прошлом столетии лебедянских слоев Центрального девонского поля, относящихся к фаменскому ярусу верхнего девона.

Гомонимом является название «яблоновские слои» в применении к нижнефранским отложениям Волго-Уральской области, поскольку уже существует яблоновская свита триаса, установленная А. Н. Мазаровичем. Тарханская свита («ярус»), выделенная в основании каменноугольных отложений Алтая В. П. Нехорошевым в 1924 г., является гомонимом тарханского горизонта нижнего миоцена, установленного Н. И. Андрусовым в 1918 г.

Приведем еще примеры стратиграфических гомонимов. Автор этих строк в свое время установил в верхнем карбоне Башкирии ташлинскую свиту [Степанов Д. Л., 1941], а через несколько лет одноименная свита была выделена в отложениях татарского яруса верхней перми Оренбургского Приуралья (Красильников А. А., 1953 г.). Название «березовская свита», предложенное Л. С. Либровичем для одной из каменноугольных толщ Магнитогорского синклинория на восточном склоне Южного Урала, было использовано и для обозначения одной свиты палеоцена Поволжья, и для наименования меловой свиты Западной Сибири и т. п.

В целом использование правил наименования стратиграфических подразделений должно избавить геологическую литературу от засорения излишними названиями и упорядочить номенклатурную сторону, играющую важную роль в любой науке.

#### 9.4. О ПРИНЦИПЕ ПРИОРИТЕТА И РЕВИЗИИ ОБЪЕМА СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Нами указывалось, что естественные границы между системами, отделами и ярусами представляют скорее исключение, чем правило. В связи с этим мы пришли к выводу о том, что при проведении границ между крупными стратиграфическими подразделениями большое значение имеет исторический подход и принцип приоритета. Последний должен применяться и при выборе названий стратиграфических единиц, и уточнении их объема.

Следует считать вполне совместимым с историческим принципом внесение необходимых разумных коррективов при установлении объема и границ ранее установленных крупных стратиграфических подразделений, если необходимость этого диктуется накоплением нового фактического материала. Едва ли можно назвать какую-либо крупную стратиграфическую единицу — ярус, отдел или систему, объем которой не подвергался бы со времени ее установления некоторым частичным изменениям в связи с накоплением новых данных, что можно признать вполне закономерным. Последнее, однако, обычно не влечет отказа от привычных классических названий. Это вполне оправданно и понятно, так как в противном случае буквально все подразделения международной шкалы потребовали бы переименования. Кроме того, надо считаться с тем, что авторы большинства стратиграфических подразделений, установленных в XIX в. и являющихся классическими, не давали, да и по состоянию изученности не могли дать определения их объема и границ. Поэтому почти всегда остается открытой возможность дальнейшего их уточнения. Поэтому следует согласиться с мнением Б. С. Соколова [1971], что стратотип охраняет название, но не объем стратиграфического подразделения. Нельзя согласиться с авторами, считающими возможным вводить новые названия давно известных стратиграфических единиц при частичном изменении объема последних.

Не может служить достаточным основанием к изменению названия стратиграфических единиц и изменение их таксономического ранга. Как указывает Е. А. Иванова, «в процессе выделения стратиграфических единиц не всегда сразу устанавливается их истинное значение, их действительный ранг» (Иванова Е. А., Хворова И. В., 1955, с. 222).

История науки и практика опровергли постановление Международного геологического конгресса 1897 г., гласящее о том,

что «наименования, примененные к отложениям в определенном смысле, не могут быть употреблены в другом смысле». Многие стратиграфические подразделения, предложенные первоначально в качестве ярусов, в дальнейшем приобрели значение отделов (динант). Отделы впоследствии возводились в ранг самостоятельных систем (ордовик, палеоген и неоген). Имели место и обратные случаи понижения ранга таксономических подразделений.

Признавая, таким образом, что ни частичное изменение первоначального объема, ни пересмотр таксономического ранга ранее установленных стратиграфических подразделений не могут служить основанием для отказа от их названий, имеющих приоритет, мы вполне согласны с мнением Е. А. Ивановой о том, что применение исторического принципа должно быть регламентировано. Нельзя, как справедливо указывает этот исследователь, бесконечно изменять или расширять содержание ранее установленной стратиграфической единицы.

В качестве основных критериев, которые могут быть признаны исходными при ревизии объема, границ и таксономического ранга стратиграфических подразделений, следуя Е. А. Ивановой, можно признать:

- 1) фаунистическую характеристику, какая была дана автором данного стратиграфического подразделения;
- 2) его стратотипический разрез.

Последующему уточнению при этом подлежат палеонтологические определения ископаемых, проводимых первоначальным автором стратиграфического подразделения, причем в результате переизучения и монографической обработки могут измениться родовые и видовые названия цитируемых форм.

Первоначальный список фаунистического или флористического комплекса ревизуемого стратиграфического подразделения может быть расширен за счет включения в него форм, найденных в стратотипическом разрезе совместно с первоначально найденными формами. Е. А. Иванова подчеркивает при этом, что формы, найденные не совместно с последними, а в других частях разреза, не могут использоваться для дополнения палеонтологической характеристики.

Наконец, на основании распространения установленного фаунистического или флористического комплекса могут быть уточнены границы стратиграфического подразделения. При таком подходе первоначальная палеонтологическая характеристика окажется решающим критерием при проведении границ стратиграфического подразделения в соответствии с принципом приоритета. Однако имеется много примеров, когда первоначальное указание автора на объем выделенного подразделения было неполным или даже ошибочным. Так, например, при установлении портландского яруса А. д'Орбиньи указал его типический разрез на о. Портланд (Англия), а характерную фауну

привел из Булонского разреза. Но часть булонской фауны встречается в Англии не в песках, а в кимериджских глинах. Так возникла проблема верхней границы кимериджа, не решенная до сих пор. А. Оппель выделил титонский ярус в качестве верхнего яруса юры, а Е. Реневье установил валанжин в качестве нижнего яруса мела. Выделенный позднее Ф. Пиктэ берриасский ярус был, правда, отнесен к мелу, но это положение берриаса в настоящее время оспаривается многими стратиграфами, в частности и на основании того, что по первоначальному определению нижним ярусом меловой системы является валанжин. В подобных случаях опираться на правило приоритета нельзя. В. Аркелл [Arkell, 1946] ввел дополнительное понятие — употребительность, т. е. традиционность понимания какой-либо границы многими геологами. В подобных ситуациях рассмотрение употребительности, конечно, вносит известный порядок, но и этот принцип нельзя абсолютизировать. Поэтому наиболее рациональным остается путь соглашений, подготовляемых на основе всестороннего изучения материала и унификации принципов подхода к нему.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные подразделения (структура) стратиграфии. Как следует из всего предшествующего текста, современная стратиграфия, рассматриваемая как единая, хотя и дифференцированная самостоятельная геологическая дисциплина, логически подразделяется на два главных раздела: общую стратиграфию и частную, или региональную. Задачей общей стратиграфии является разработка методологических и теоретических основ этой науки, ее принципов и методов исследования, а также усовершенствование общей стратиграфической и геохронологической шкал.

Частная, или региональная, стратиграфия имеет своей задачей разработку региональных и местных стратиграфических схем как основы для проведения крупномасштабной геологической съемки и поисковых работ.

В разделе общей стратиграфии в свою очередь заслуживает выделения в качестве особой категории (подраздела) теоретическая стратиграфия. Предметом ее должны считаться экспликация и уточнение таких основополагающих понятий, как геологическое тело, стратиграфическое подразделение (стратон), шкала, граница, реальность, естественность, конкретность, одновременность и т. п. К теоретической стратиграфии принадлежит и установление фундаментальных принципов стратиграфии, а также задача создания логико-математических ее основ. Наконец, перед стратиграфической теорией возникает и проблема разработки методологических и логико-геологических оснований этой теории. Эту область Ю. А. Косыгин в предисловии к книге «Стратиграфия и математика» (1974 г.) именует метастратиграфией. Впрочем, если следовать И. В. Крутю [1973], употребляющему для обозначения системы наиболее общих понятий и методов в геологии термин «эпигеология», то для соответствующей области стратиграфии следовало бы применить название «эпистратиграфия».

Вопросам теоретической стратиграфии в советской литературе посвящена специальная монография С. В. Мейена [1974 а] и ряд работ А. И. Жамойды, В. А. Зубакова, Б. С. Соколова, К. В. Симакова, Л. Л. Халфина и других исследователей.

Другой частью общей стратиграфии, иногда именуемой практической, является разработка методических вопросов применительно к практике региональной стратиграфии.

В настоящей книге, посвященной изложению основ общей стратиграфии, главное внимание было уделено ее практическому аспекту, в особенности методике стратиграфических исследований. Проблемы теоретической стратиграфии, за исключением подробно рассматриваемых принципов этой науки, получили в нашей книге лишь самую общую характеристику, необходимую для ознакомления читателя с этим аспектом общей стратиграфии.

Две главные концепции современной стратиграфии. При всем разнообразии подхода отдельных исследователей к пониманию цели, задач и предмета стратиграфии, а следовательно, ее объема, структуры и методов в этой области четко наметились две главные концепции. Согласно одной из них конечной целью стратиграфии является установление времени образования слоев земной коры и разработка планетарной схемы геосторической периодизации. Соответственно сторонники этой концепции видят главную задачу стратиграфии в хронологической классификации отложений, преимущественно на основе палеонтологического (биостратиграфического) метода. В то же время большинство сторонников рассматриваемой «временной» концепции признает необходимым использование в стратиграфии и всех других существующих методов, так как только такой комплексный подход обеспечивает получение полноценных стратиграфических данных. Тем самым принимается единство стратиграфии, синтезирующей результаты, полученные различными методами. Поэтому такие термины, как «литостратиграфия», «биостратиграфия», «магнитостратиграфия» и т. п., должны рассматриваться не как наименования самостоятельных дисциплин — «особых стратиграфий», а лишь как обозначения соответствующих методов и направлений стратиграфических исследований.

Временная, или геохронологическая (по Г. П. Леонову), концепция берет свое начало в идеях классиков геологии, закрепленных в решениях II—VIII сессий МГК, что дает основание для обозначения ее как «классической» концепции стратиграфии. То обстоятельство, что на позициях этой концепции стоит, по-видимому, большинство советских и западноевропейских геологов, позволяет ряду авторов называть ее европейской.

Эта классическая, или европейская, концепция стратиграфии находит свое отражение в таких официальных документах, как «Стратиграфический кодекс СССР» и опубликованное в 1972 г. «Совместное соглашение по основным проблемам стратиграфии», выработанное стратиграфами трех западноевропейских стран — ФРГ, Англии и Франции. С позиций этой концепции написана и настоящая книга.

Несколько особое место среди сторонников классической, или европейской, стратиграфической концепции занимают исследователи, не только придающие ведущее значение биостратиграфическому (палеонтологическому) методу, но и рассматривающие его в качестве единственной основы подлинной стратиграфии. Крайние приверженцы этой точки зрения, к которым принадлежал известный западногерманский ученый О. Шиндевольф, рассматривают биостратиграфию как единственно подлинную стратиграфию («эустратиграфию»), противопоставляя ее стратиграфическим построениям, основанным на непалеонтологических методах, относимых ими к категории «простратиграфических» (О. Шиндевольф) и «протостратиграфических» (Г. Хеннигсмон).

Более умеренную позицию занимают стратиграфы, отождествляющие геохронологию с «биохронологией» и соответственно считающие излишними разграничения биостратиграфических и хроностратиграфических подразделений (стратонов). Эту точку зрения одним из первых в 1956 г. высказал канадский палеонтолог Ю. А. Елецкий. В советской литературе идея равнозначности понятий биостратиграфических и хроностратиграфических подразделений наиболее полно обоснована Б. С. Соколовым [1971], считающим и геологическое время — биологическим по способу своего определения (с. 164).

Таковы в самых общих чертах главные особенности первой из двух главных стратиграфических концепций, для которой характерно признание примата времени в стратиграфии.

Вторая главная концепция стратиграфии, развивающаяся параллельно с выше рассмотренной классической, или геохронологической, имеет в основе примат интересов геологического картирования среди других аспектов цели и задач стратиграфических исследований. Характерной чертой этой концепции является расширение предмета стратиграфии, превращающее последнюю в отрасль геологии, охватывающую все вопросы изучения слоистых, прежде всего осадочных, горных пород. Таким образом в сферу стратиграфии включаются литология, петрография осадочных пород и седиментология.

Родоначальник этого направления американский ученый А. Грэм в своем фундаментальном труде «Принципы стратиграфии» (1913 г.) определяет стратиграфию как «неорганическую сторону исторической геологии или развитие на протяжении последовательных геологических эпох каменной оболочки Земли и ее литосферы». Это расширенное понимание стратиграфии получило признание и дальнейшее развитие в работах многих американских ученых, в том числе в капитальных сводках по основам стратиграфии К. Дайбара и Дж. Роджерса [1962], В. Крумбейна, Л. Слосса [1960], М. Уэллера [Weller, 1960]. Эти идеи легли в основу ряда официальных документов: отчетов Американской комиссии по стратиграфической номен-

клатуре и американского Стратиграфического кодекса. Таким образом, к началу 60-х годов рассматриваемая концепция получила официальное признание в Соединенных Штатах, а в дальнейшем в результате энергичной деятельности американского геолога Х. Хедберга на посту председателя Международной подкомиссии по стратиграфической номенклатуре она была положена в основу опубликованного в 1976 г. «Международного руководства по стратиграфической классификации».

Характерным для рассматриваемой концепции, которую часто называют американской, является помимо расширенного понимания предмета стратиграфии признание самостоятельности, равноценности и независимости друг от друга различных категорий стратиграфических подразделений: литостратиграфических, биостратиграфических и хроностратиграфических. Наряду с ними допускается возможность создания и других столь же независимых категорий стратиграфических шкал на основе минералогических, экологических, палеомагнитных и других признаков. В крайнем своем выражении эти представления приводят к отрицанию единства стратиграфии и допущению множественности независимых стратиграфий — «литостратиграфии», «биостратиграфии», «экостратиграфии», «магнитостратиграфии» и т. п.

То обстоятельство, что американская концепция во главу угла ставит использование стратиграфии для потребностей геологического картирования, имеет следствием особое внимание, уделяемое ее приверженцами реальным геологическим телам и их вещественному составу. Отсюда проистекает признание в качестве ведущего метода стратиграфических исследований литологического и тенденция к включению сферу стратиграфии таких дисциплин, как петрография осадочных пород, седиментология и фацiology. Временной, или геохронологический, аспект стратиграфии при этом отходит на второй план. Соответственно палеонтологический (биостратиграфический) метод получает значение второстепенного, как не обеспечивающий «естественных границ» картируемых геологических тел.

Рассматриваемая концепция, нередко именуемая американской, получила признание в различных странах, и в частности имеет сторонников в Советском Союзе. Отдельные исследователи обозначают это направление как естественно-стратиграфическое, регионально-стратиграфическое и картировочно-хронологическое. Недавно для этой концепции А. М. Садыковым [1974] было предложено название «рациональная стратиграфия».

Таковы две главные концепции стратиграфии и стратиграфической классификации, сложившиеся в начале 60-х годов и развивающиеся параллельно. Несмотря на ряд принципиальных различий этих концепций, общей тенденцией развития современной стратиграфии является их постоянное сближение, обуслов-

ленное взаимопроникновением ряда положений, первоначально свойственных лишь одной из них. Примером, иллюстрирующим проявление этой тенденции, может служить ряд положений «Стратиграфического кодекса СССР», принципиально отличных от принятых в предшественнике этого кодекса — книге «Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура» [1965], являвшейся обязательным положением Межведомственного стратиграфического комитета СССР.

С другой стороны, и упоминавшееся выше «Международное руководство по стратиграфической классификации» отражает влияние «европейской концепции», проявляющееся прежде всего в признании того, что конечной целью стратиграфии является хроностратиграфия.

Перспективы развития стратиграфии. Современное состояние стратиграфии и наметившиеся тенденции ее развития позволяют высказать некоторые суждения относительно перспектив и будущего этой науки.

Прогнозы большинства исследователей в отношении судеб общей стратиграфии сходятся на том, что «стратиграфия, несомненно, станет математизированной дисциплиной» [Мейен С. В., 1974 а, с. 4]. Как указывают авторы книги «Стратиграфия и математика» [1974], это потребует прежде всего усовершенствования терминологии и разработки систем стратиграфических понятий на основе принципа формализации. В этом направлении первоочередной задачей должна явиться формализация фундаментальных понятий, обозначающих как объекты стратиграфии, так и эмпирически установленные связи между ними. Это позволит не только дать удовлетворяющую требованиям логики формулировку законов или аксиом стратиграфии, но и привести их в непротиворечивую систему.

Ю. А. Косыгин, Ю. С. Салин и В. А. Соловьев [Стратиграфия..., 1974] обозначают это направление как «конструктивная стратиграфия», которая по их представлению явится синтезом усовершенствованных классической и «рациональной» стратиграфии.

Наряду с этой линией развития стратиграфии, по крайней мере теоретической, по пути превращения ее в аксиоматическую науку, несомненно, будет развиваться и классическое естественнонаучное направление стратиграфических исследований. В области частной, или региональной, стратиграфии в качестве главных задач сохранятся повышение дробности стратиграфического расчленения, с одной стороны, и уточнение корреляции как местной, так и отдаленной, включая межконтинентальную, — с другой. Решение этих задач помимо совершенствования существующих методов потребует разработки их рационального комплексирования. Учитывая, что по крайней мере в ближайшем обозримом будущем палеонтологический метод и его производные сохраняют ведущее значение в арсе-

нале методов стратиграфических исследований, одной из важнейших задач следует считать повышение их эффективности. Последнее может быть достигнуто прежде всего более углубленным изучением палеонтологического материала на основе использования достижений биологических наук — генетики, биохимии, экологии и биогеографии. Особенно большие перспективы открывает такое направление палеонтологического метода, как экостратиграфическое, базирующееся на широком использовании палеопопуляционного анализа и тафономии.

Важным резервом биостратиграфии остаются многие до сих пор недостаточно изученные группы микрофоссилий (радиоларии, конодонты, хитинозои, сколекодонты, склериты голотурий, фитопланктон и др.). Наконец, успехи биохимии и биогеохимии позволят включить в сферу интересов биостратиграфии и хемофоссилии (термин Н. Б. Вассоевича) в виде следов аминокислот, обнаруженных в последнее время даже в древнейших отложениях докембрия.

Можно думать, что значение стратиграфии будет в ближайшем будущем заметно возрастет. В первую очередь это обусловлено все возрастающей потребностью в очень точной и детальной геологической информации, необходимой для открытия новых месторождений полезных ископаемых. Проводимая для этих целей крупномасштабная съемка, а также поисковые и разведочные работы, объектами которых являются зоны выклинивания, стратиграфические несогласия, фациальные замещения, могут быть успешными лишь при наличии очень совершенной стратиграфической базы. Весьма существенную роль в общем комплексе стратиграфических работ уже получило изучение строения осадочного чехла океанов и шельфовых зон.

С другой стороны, широкие хроностратиграфические корреляции, являющиеся основой составления обзорных палеогеографических карт, получают все большее значение для определения будущих условий жизни всего человечества, так как такие карты должны стать основой палеоклиматических исследований, потребность в которых все больше возрастает в связи с необходимостью прогноза изменения современного климата. Это обстоятельство, в частности, нашло отражение в многочисленных программах по Международной стратиграфической корреляции. Наконец, все большее значение стратиграфия получает для изучения физической истории Земли и более полного познания путей и механизмов эволюции биосферы.

Можно думать поэтому, что уже в недалеком будущем данные стратиграфии будут широко использоваться в самых разнообразных направлениях естественных наук и станут необходимыми для развития этих направлений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамов Б. С. Биостратиграфия каменноугольных отложений Сетте-Дабана (Южное Верхоянье). М., Наука, 1976. 178 с.
- Агаларова Д. А. Микрофауна продуктивной толщи Азербайджана и красноцветной свиты Туркмении. — В кн.: Вопросы палеобιοгеографии и биостратиграфии. Тр. 1 сессии ВПО. М., Госгеолтехиздат, 1957, с. 198—202.
- Андрусов Н. И. Плиоцен Южной России по современным исследованиям. — Избр. труды, т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1963 (1929), с. 281—292.
- Аргамасова В. Ф. О некоторых неогеновых морских ежах о. Сахалина. М. — Л., Ред. горно-топл. и геол.-разв. лит., 1934. 44 с. (Тр. НГРИ, сер. А, вып. 41).
- Афанасьев Г. Д., Зыков С. И. Геохронологическая шкала фанерозоя в свете новых значений постоянных распада. М., Наука, 1957. 99 с.
- Балабанов Ю. П., Буров Б. В., Боронин В. П. Опыт применения палеомагнетизма при площадных геологосъемочных исследованиях в верховьях р. Сев. Двины. — В кн.: Континентальные красноцветные отложения перми и триаса. Саратов, 1975, с. 3—5.
- Балуховский Н. Ф. Геологические циклы. Киев, Наукова думка, 1966. 167 с.
- Батулин В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М., Изд-во АН СССР, 1947. 335 с.
- Белоконов В. И., Кочегура В. В., Шолто Л. Е. Методы палеомагнитных исследований горных пород. Л., Недра, 1973. 247 с.
- Белоусов В. В. Мощность отложений как выражение режима колебательных движений земной коры. — Сов. геология, 1940, № 2—3, с. 14—28.
- Берг Л. С. Номогенез или эволюция на основе закономерностей. Петербург, Гос. изд-во, 1922. 102 с. (Тр. Геогр. ин-та, т. 1).
- Богословский Н. А. Рязанский горизонт (фауна, стратиграфическое положение и вероятный возраст этого горизонта). — Мат-лы для познания геологии России, 1897, т. 18. 158 с.
- Бодылевский В. И. Новый род *Taimyroceras* из Северной Сибири. — В кн.: Новые семейства и роды. Л., Госгеолтехиздат, 1956, с. 82—84.
- Бодылевский В. И. О стратиграфической зоне. — В кн.: Общие проблемы стратиграфии и биостратиграфии палеогена Тургай и Средней Азии. Л., 1964, с. 25—32. (Тр. ВСЕГЕИ, изв. сер., т. 102).
- Ботвинкина Л. Н. Слоистость осадочных пород. М., Изд-во АН СССР, 1962. 542 с. (Тр. ГИН АН СССР, вып. 59).
- Бульникова А. А., Ясевич Г. С. Юрская система. Верхний отдел. — Тр. ЗапСибНИГНИ, 1972, вып. 48, с. 19—49.
- Буш Д. А. Стратиграфические ловушки в песчаниках. М., Мир, 1977. 215 с.
- Вавилов М. Н. О зонах в нижнем триасе Западного Верхоянья. — Докл. АН СССР, 1967, т. 175, № 6, с. 1105—1107.
- Вавилов Н. И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. — В кн.: Избранные произведения. В двух томах. Т. 1. Л., Наука, 1967, с. 7—61.

*Вассоевич Н. Б.* О времени проявления на Кавказе орогенических фаз Альпийской зоны дислокации. Л., 1934. 30 с. (Тр. НГРИ, сер. А, вып. 26).

*Вассоевич Н. Б.* К методике палеонтологического изучения флиша. — Мат-лы ВСЕГЕИ. Палеонтология и стратиграфия, 1948, сб. 5, с. 34—63.

*Вассоевич Н. Б.* Слоистость в свете учения об осадочной дифференциации. — Изв. АН СССР, сер. геол., 1950, № 5, с. 96—115.

*Вассоевич Н. Б.* Полевая геология. — В кн.: Спутник полевого геолога-нефтяника. Л., Гостоптехиздат, 1952, с. 7—99.

*Вассоевич Н. Б., Гроссгейм В. А.* К палеогеографии северо-восточного Кавказа в среднемиоценовую эпоху. — Геол. сб. ВНИГРИ, 1951, № 1, с. 121—135.

*Вассоевич Н. Б., Коротков С. Т.* К познанию явлений крупных подводных оползаний в олигоценовую эпоху на Северном Кавказе (в Майкопском округе). М.—Л. Ред. горно-топл. и геол.-разв. лит., 1935. 48 с. (Тр. НГРИ, сер. А, вып. 52).

*Вахрамеев В. А.* Стратиграфия и ископаемая флора юрских и меловых отложений Вилуйской впадины и прилегающей части Приверхоянского краевого прогиба. М., Изд-во АН СССР, 1958. 136 с. (Региональная стратиграфия СССР, т. 3).

*Вахрамеев В. А.* Мезозойские флоры Южного полушария и их соотношение с флорами северных континентов. — Палеонт. ж., 1972, № 3, с. 146—161.

*Вашичек М.* Задачи палеонтологии в области осадочных пород и осадочных месторождений наземных ископаемых. — Бюл. МОИП, отд. геол., 1955, т. 30, № 6, с. 19—30.

*Верещагин В. Н.* Зональное деление верхнемеловых отложений севера Тихоокеанской биогеографической провинции. — В кн.: Геология Корякского нагорья. М., 1963, с. 50—63.

*Верещагин В. Н., Жамойда А. И.* Стратиграфические исследования в СССР. — Сов. геология, 1977, № 11, с. 30—44.

*Вялов О. С.* К стратиграфии мела и палеогена Ферганы. — Мат-лы Таджикско-Памирской экспедиции 1934 г. Л., Госхимтехиздат, 1936, вып. 47, с. 3—38.

*Гейслер А. Н.* Синхроничные горизонты в циклических осадочных толщах. — Литологический сб., 1950, № 3, с. 7—13.

*Геккер Р. Ф.* Введение в палеоэкологию. М., Госгеолтехиздат, 1957. 125 с.

*Геккер Р. Ф., Осипова А. И., Бельская Т. Н.* Ферганский залив палеогенового моря. М., Изд-во АН СССР, 1962. Кн. 1, 332 с., кн. 2, 332 с.

*Геологический словарь.* М., Госгеолтехиздат, 1955. Т. 1, 403 с.; т. 2, 455 с.

*Геологический словарь.* М., Недра, 1973. Т. 1, 486 с.; т. 2, 456 с.

*Геология и математика.* Под ред. Ю. А. Воронина. Новосибирск, Наука, 1967. 254 с.

*Гептнер В. Г.* Общая зоогеография. М.—Л., Биомедгиз, 1936. 380 с.

*Герасимов И. П.* Растительность, строение и история развития торфяного болота «Талицкий мох» при станции Редькино Николаевской ж. д. М., 1923. 151 с. (Тр. Центр. торф. станций, вып. 1).

*Герасимов П. А.* Верхний подъярус волжского яруса центральной части Русской платформы. М., Наука, 1969. 144 с.

*Герасимов П. А., Михайлов Н. П.* Волжский ярус и единая стратиграфическая шкала верхнего отдела юрской системы. — Изв. АН СССР, сер. геол., 1966, № 2, с. 118—138.

*Гинцингер А. Б., Винкман М. К.* К вопросу о возрастной миграции границ свит. — Тр. СНИИГГИМС, 1969, вып. 94, с. 107—111.

*Головкинский Н. А.* О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна. — Мат-лы для познания геологии России, 1868, т. 1. 144 с.

*Границы геологических систем.* Сборник к 70-летию акад. В. В. Меннера. М., Наука, 1976. 320 с.

*Гричук В. П., Заклинская Е. Д.* Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М., ОГИЗ, 1948. 224 с.

*Гроссгейм В. А.* История терригенных минералов в мезозое и кайнозое Северного Кавказа и Предкавказья. Л., Недра, 1961. 376 с. (Тр. ВНИГРИ, вып. 180).

*Гроссгейм В. А.* Текстуры флишевых ритмов (многослоев) пенайской свиты Северо-Западного Кавказа. — В кн.: Современные проблемы геологии и геохимии горючих ископаемых. М., Наука, 1973, с. 165—173.

*Грюнбаум А.* Философские проблемы пространства и времени. М., Прогресс, 1969. 552 с.

*Гурари Ф. Г.* О правилах стратиграфической классификации. — Тр. СНИИГГИМС, 1969, вып. 94, сер. стратигр. и палеонт., с. 66—78.

*Гурари Ф. Г., Халфин Л. Л.* Реформа правил стратиграфической классификации необходима. — Геология и геофизика, 1966, № 4, с. 3—14.

*Гурари Ф. Г., Халфин Л. Л.* Еще раз о правилах стратиграфической классификации. — Геология и геофизика, 1969, № 10, с. 128—130.

*Давиташвили Л. Ш.* К вопросу о зональном подразделении верхнего оксфорда Среднерусской области. — Бюл. МОИП, 1926, т. 34, отд. геол., т. 4, с. 282—293.

*Давиташвили Л. Ш.* История эволюционной палеонтологии от Дарвина до наших дней. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1948а. 574 с.

*Давиташвили Л. Ш.* Теоретические основы синхронизации верхнетретичных отложений Черноморско-Каспийского бассейна. — Мат-лы ВСЕГЕИ, палеонт. и стратигр., 1948б, сб. 5, с. 23—33.

*Давиташвили Л. Ш.* Курс палеонтологии. 2-е изд. М.—Л., Госгеолтехиздат, 1949. 834 с.

*Давиташвили Л. Ш.* Изменчивость организмов в геологическом прошлом. Тбилиси, Мецниереба, 1970. 256 с.

*Давиташвили Л. Ш.* Учение об эволюционном прогрессе (теория ароморфоза). Тбилиси, Мецниереба, 1972. 344 с.

*Дагис А. А.* Позднеплинскихские аммониты севера Сибири. Новосибирск, Наука, 1976. 78 с. (Тр. Ин-та геол. и геоф., вып. 309).

*Данбар К., Роджерс Дж.* Основы стратиграфии. М., ИЛ, 1962. 363 с.

*Дарвин Ч.* Происхождение видов. М., Сельхозгиз, 1952. 483 с.

*Дафф П., Халлам А., Уолтон Э.* Цикличность осадконакопления. М., Мир, 1971. 283 с.

*Депере Ш.* Превращения животного мира. Петроград, Изд-во М. и С. Сабашниковых, 1921. 271 с.

*Динер К.* Основы биостратиграфии. М.—Л.—Новосибирск, Гос. науч.-техн. горн.-геол. нефт. изд-во, 1934. 271 с.

*Долицкий В. А.* Геологическая интерпретация материалов геофизического исследования скважин. М., Недра, 1966. 387 с.

*Драгунов В. И.* Геологические формации. Л., Недра, 1973. 24 с.

*Друиц В. В.* Палеонтология. 2-е изд. М., Изд-во МГУ, 1974. 527 с.

*Друиц В. В., Меннер В. В.* О некоторых современных проблемах палеонтологии. — Вестн. МГУ, сер. геол., 1977, № 5, с. 45—56.

*Друиц В. В., Шиманский В. Н.* Мезозойский этап развития органического мира. — В кн.: Проблемы стратиграфии и исторической геологии. М., Изд-во Моск. ун-та, 1978, с. 115—127.

*Егоян В. Л.* О некоторых основных положениях общей стратиграфии. — Изв. АН СССР, сер. геол., 1969, № 12, с. 3—13.

*Егоян В. Л.* Стратотип и стратиграфическая граница. — Изв. АН СССР, сер. геол., 1973, № 2, с. 107—112.

*Егоян В. Л.* Современные проблемы стратиграфической геологии. — Тр. Сев.-Вост. комплекс. ин-та Дальневост. научн. центра АН СССР, 1974, вып. 62, с. 26—38.

*Елисеев В. Г.* Индексация продуктивных пластов в разрезе юры Краснотенского свода. — Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 130. Тюмень, 1978, с. 65—68.

*Ефремов И. А.* Тафономия и геологическая летопись. М., Изд-во АН СССР, 1950. 176 с.

Жамойда А. И. Заметки о теории стратиграфии.— Сов. геология, 1977, № 8, с. 151—156.

Жамойда А. И., Меннер В. В. Две основные тенденции разработки стратиграфической классификации.— В кн.: Проблемы геологии и полезных ископаемых на XXIV сессии МГК. М., Наука, 1974, с. 144—151.

Жамойда А. И., Ковалевский О. П., Моисеева А. И. Обзор зарубежных стратиграфических кодексов. Л., Наука, 1969. 163 с. (Тр. МСК).

Жемчужников Ю. А. Курс палеофаунистики. Л.—М., ОНТИ, 1934. 289 с.

Жемчужников Ю. А. Цикличность строения угленосных толщ, периодичность осадконакопления и методы их изучения.— В кн.: Мат.-лы геол. угольн. совещания. М., 1947, с. 7—18. (Тр. ИГН АН СССР, вып. 90, угольная серия, № 2).

Жемчужников Ю. А. Сезонная слоистость и периодичность осадконакопления. М., Изд-во АН СССР, 1963. 71 с. (Тр. ГИН АН СССР, вып. 86).

Животовская А. И. Проблема изучения физической седиментологии.— В кн.: Очерки по физ. седиментологии. Л., Недра, 1964, с. 3—12.

Жижченко Б. П. Принципы стратиграфии и унифицированная схема деления кайнозойских отложений. М., Гостоптехиздат, 1958. 312 с.

Жижченко Б. П. Методы стратиграфических исследований нефтегазоносных областей. М., Недра, 1969. 373 с.

Жинью М. Стратиграфическая геология. М., ИЛ, 1952. 639 с.

Завадский К. М. Вид и видообразование. Л., Наука, 1968. 403 с.

Завадский К. М. Развитие эволюционной теории после Дарвина (1859—1920 гг.). Л., Наука, 1973. 423 с.

Завадский К. М., Колчинский Э. И. Эволюция эволюции. Л., Наука, 1977. 235 с.

Задкова И. И., Максенов В. Г. Корреляция отложений позднего кайнозоя Ишимской степи по данным термолюминесценции конкреций.— Геология и геофизика, 1967, № 8, с. 46—50.

Захаров В. А. Позднеюрские и раннемеловые двустворчатые моллюски севера Сибири и условия их существования, ч. 2, сем. Astartidae. М., Наука, 1970. 143 с.

Захаров В. А. Опыт зонального расчленения верхнеюрских и нижнемеловых отложений по бухиям.— В кн.: Междунар. colloquium по верхней юре и границе юры и мела. Тезисы докл. Новосибирск, 1977, с. 49.

Захаров В. А., Месежников М. С. Волжский ярус Приполярного Урала. Новосибирск, Наука, 1974. 216 с.

Захаров В. А., Юдовный Е. Г. Принцип послонной корреляции разрезов ритмичных терригенных толщ (на примере опорного разреза неокма на р. Боярке, Хатангская впадина).— В кн.: Проблемы палеонтологического обоснования детальной стратиграфии мезозоя Сибири и Дальнего Востока. Л., Наука, 1967, с. 28—40.

Захаров В. А., Юдовный Е. Г. Условия осадконакопления и существования фауны в раннемеловом море Хатангской впадины.— В кн.: Палео-биогеография севера Евразии в мезозое. Новосибирск, Наука, 1974, с. 127—173.

Земля. (Введение в общую геологию)/Дж. Ферхуген, Ф. Тернер, Л. Вейс и др. Ч. 1. М., Мир, 1974. 392 с.

Зиновьев М. С., Мигачева Е. Е., Сверлин Б. П. Об объеме, принципах выделения зон и их сопоставлении.— Сов. геология, 1965, № 5, с. 11—17.

Зональное расчленение, литолого-геохимическая и палеоэкологическая характеристика нижнемеловых отложений северной части п-ова Пахса, Анабарский залив/В. А. Захаров, В. Я. Санин, Н. С. Спиро, Н. И. Шульгина.— В кн.: Биостратиграфия борейского мезозоя. Новосибирск, Наука, 1974, с. 121—133.

Зубаков В. А. О критериях стратиграфического расчленения и таксономическом ранге четвертичного этапа геологической истории Земли.— В кн.: Палеонтолог. критерии объема и ранга стратиграфич. подразделений. М., Недра, 1966, с. 190—199. (Тр. VIII сессии ВПО).

Зубаков В. А. Стратиграфия новейших отложений Западно-Сибирской низменности и принципы климатостратиграфической классификации.— Автореф. докт. дис. Л., 1967. 54 с.

Зубаков В. А. Планетарная последовательность климатических событий и геохронологическая шкала плейстоцена.— Чтения памяти Л. С. Берга, VIII—XIV. Л., Наука, 1968, с. 11—64.

Зубаков В. А. Дискуссионные вопросы стратиграфической классификации и терминологии (принцип дополнительности—фундаментальная идея стратиграфической систематики).— Тр. СНИИГГИМС, 1969а, вып. 94, сер. стратигр. и палеонт., с. 43—65.

Зубаков В. А. Классификация хроностратиграфических подразделений климатического содержания.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1969б, № 1, с. 149—152.

Зубкович М. Е. Методы палеонтолого-стратиграфических исследований. Основы биостратиграфии. М., Высшая школа, 1968. 232 с.

Иванова Е. А. Биостратиграфия среднего и верхнего карбона Подмосквой котловины. М., Изд-во АН СССР, 1947. 53 с. (Тр. ПИН АН СССР, т. 12, № 1).

Иванова Е. А., Хворова И. В. Стратиграфия среднего и верхнего карбона западной части Московской синеклизы. М., Изд-во АН СССР, 1955. 279 с. (Тр. Палеонт. ин-та, т. 53).

Ивановский А. Б. Палеонтология и теория эволюции. Новосибирск, Наука, 1976. 64 с.

Ильин В. Д., Крашенинников В. А., Трофимов Д. М. О возрасте отложений с *Indoceras africanense* (аммониты) и *Laffiteina bibensis* (фораминиферы) Восточного Мала.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1970, № 5, с. 100—112.

Исследование синхронных и параллельных измерений генофондов в природных популяциях плодовых мух *Drosophila melanogaster*/М. Д. Голубовский, Ю. Н. Иванов, И. К. Захаров, Р. Л. Берг.— Генетика, 1974, т. 10, № 4, с. 73—81.

История геологии. Под ред. И. В. Батюшковой. М., Наука, 1973. 395 с.

Итенберг С. С. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. М., Недра, 1972. 312 с.

Каплан М. Е. Литология морских мезозойских отложений севера Восточной Сибири. Л., Недра, 1976. 231 с. (Тр. ВНИГРИ, вып. 357).

Кейси Р., Месежников М. С., Шульгина Н. И. Сопоставление пограничных отложений юры и мела Англии, Русской платформы, Приполярного Урала и Сибири.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1977, № 7, с. 14—33.

Келлер Б. М. Стратиграфические подразделения.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1950, № 6, с. 3—25.

Келлер Б. М. Подразделения единой стратиграфической шкалы фанерозоя.— Докл. АН СССР, 1966, т. 171, № 6, с. 1405—1408.

Келлер Б. М. Бескелетные животные докембрия и их стратиграфическое значение.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1976, № 8, с. 68—77.

Кирина Т. И. О пограничных слоях нижней и средней юры в Вилуйской синеклизе и прилегающей части Приверхоянского прогиба.— Тр. ВНИГРИ, 1976, вып. 388, с. 42—71.

Ковалевский О. П. О границах геологических систем.— В кн.: Проблемы стратиграфии. Новосибирск, 1969, с. 131—137. (Тр. СНИИГГИМС, вып. 94).

Козлова Г. Э. Зональное расчленение кайнозойских океанических осадков по радиоляриям.— В кн.: Новые данные по микрофауне и стратиграфии палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений СССР. Л., 1974, с. 153—159. (Тр. ВНИГРИ, вып. 349).

Козлова Г. Э., Стрельникова Н. И. Особенности распространения диатомей и радиолярий в меловых и палеогеновых отложениях Западной Сибири.— В кн.: Планктон и органический мир пелагиал в истории Земли. Л., 1973, с. 27—28. (Тезисы докл. XIX сессии ВПО).

Козьяр Л. А. Проведение границ между подразделениями стратиграфической шкалы на основании данных спорово-пыльцевого анализа кайнозойских

отложений.—Тез. докл. 18 сессии Всесоюзн. палеонт. об-ва, Л., 1973, с. 47—48.

Колядный С. Н. О стратиграфическом значении моллюска *Streptocerebella sokolovi* Andrusso w.—В кн.: Геологический сборник ВНИГРИ, т. 3. Л., Гостоптехиздат, 1955, с. 165—169.

Коробков И. А. Введение в изучение ископаемых моллюсков. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1950. 261 с.

Корреляция разнотипных толщ при поисках нефти и газа/М. М. Грачевский, Ю. М. Берлин, И. Т. Дубовский, Г. Ф. Ульмишек. М., Недра, 1969. 295 с.

Косыгин Ю. А. Основы тектоники нефтеносных областей. М.—Л., Гостоптехиздат, 1952. 508 с.

Кравец В. С., Месежников М. С., Слонимский Г. А. Строение юрско-меловой толщи в бассейне р. Печоры.—Тр. ВНИГРИ, 1976, вып. 388, с. 27—41.

Кравчинский А. Я., Новожилов Ю. А., Шамес П. И. Применение палеомагнитного метода при средне-крупномасштабном картировании туфогенных пермо-триасовых толщ на севере Иркутской области.—В кн.: Сопоставление по проблеме Главного геомагнитного поля и проблемы геомагнетизма. Тезисы докл., ч. III. М., 1976. 57 с.

Красилов В. А. Палеоэкология наземных растений. Владивосток, Наука, 1972. 207 с.

Красилов В. А. Палеоэкологический метод корреляции континентальных толщ.—Бюл. МОИП, отд. геол., 1973, т. 48, вып. 4, с. 37—57.

Красилов В. А. Зональная стратиграфия и принцип регионального параллелизма.—Геология и геофизика, 1974, № 8, с. 11—18.

Красилов В. А. Эволюция и биостратиграфия. М., Наука, 1977а. 255 с.

Красилов В. А. К теории экостратиграфической классификации.—Геология и геофизика, 1977б, № 10, с. 3—14.

Краснов Е. В. О направленности эволюции на примере некоторых групп морских беспозвоночных.—В кн.: Мат-лы эволюционного семинара. Владивосток, 1973, с. 7—26.

Крашенинников В. А. 20-й рейс «Гломара Челленджера».—Природа, 1972, № 5, с. 60—66.

Крашенинников В. А. Стратиграфия миоценовых отложений области Атлантического, Индийского и Тихого океанов по фораминиферам.—Тр. ГИН АН СССР, 1973, вып. 233. 223 с.

Криштофович А. Н. Новая система региональной стратиграфии.—Сов. геология, 1939, т. IX, № 9, с. 68—76.

Криштофович А. Н. Задачи и методы изучения ископаемой флоры для целей стратиграфии.—Мат-лы ВСЕГЕИ, палеонт. и стратигр., 1948, сб. 5, с. 155—175.

Криштофович А. Н. Палеоботаника. Л., Гостоптехиздат, 1957. 650 с.

Крумбейн В. К., Слосс Л. Л. Стратиграфия и осадкообразование. М., Гостоптехиздат, 1960. 410 с.

Круть И. В. К состоянию учения о геологических формациях.—Изв. АН СССР, сер. геол., 1968, № 9, с. 98—113.

Круть И. В. Геосистемы, экосистемы и биосистемы как компоненты стратиграфической организации.—В кн.: Проблемы периодизации плейстоцена. Л., 1971, с. 75—82.

Круть И. В. Исследование оснований теоретической геологии. М., Наука, 1973. 201 с.

Круть И. В. К построению стратиграфической теории.—Изв. АН СССР, сер. геол., 1974, № 7, с. 38—49.

Крылов И. Н. Значение строматолитов для проблемы границы докембрия и палеозоя.—В кн.: Геология докембрия. Л., 1968, с. 116—120.

Крымгольц Г. Я. О значении некоторых понятий в стратиграфии.—В кн.: Общие проблемы стратиграфии и биостратиграфии палеогена Тургай и Средней Азии. Л., 1964, с. 20—24. (Тр. ВСЕГЕИ, т. 102).

Крымгольц Г. Я. О некоторых критериях установления стратиграфических границ.—Вестник Ленингр. ун-та, 1968, № 24, с. 175—176.

Крымгольц Г. Я. «Лона» — новый термин в стратиграфии.—Вестник Ленингр. ун-та, сер. геол. и геогр., 1972, № 18, с. 91.

Кульдинцева В. А., Кульдинцева А. А. Слои, пласты, флеч.—Геология и геофизика, 1976, № 20, с. 155—162.

Кумпан П. В. Некоторые данные по литологии Донецкого бассейна.—Геология СССР, т. VII, Донецкий бассейн. М.—Л., Госгеолгиздат, 1944, с. 341—367.

Кухтиков М. М., Черенков И. Н. О возрасте палеозойских терригенных толщ Сумотинского района (Юго-Западная Фергана).—В кн.: Мат-лы по региональной стратиграфии СССР. М., 1963, с. 162—170.

Кухтиков М. М., Черенков И. Н. Экзотические глыбы и бескоревые утесы в верхнепалеозойских толщах Гиссаро-Алая (Южный Тянь-Шань).—В кн.: Вопросы стратиграфии палеозоя. Л., 1969, с. 71—81.

Лайелль Ч. Принципы геологии. СПб, 1864.

Левен Э. Я. Стратиграфия и фузулиниды пермских отложений Памира. М., Наука, 1967. 265 с.

Леонов Г. П. К вопросу о принципе и критериях регионально-стратиграфического расчленения осадочных образований.—В кн.: Памяти профессора А. Н. Мазаровича. М., Изд. МОИП, 1953а, с. 33—45.

Леонов Г. П. Опыт естественного стратиграфического деления нижне-теогеновых отложений Центрального Предкавказья.—Изв. АН СССР, сер. л., 1953б, № 3, с. 102—106.

Леонов Г. П. Основы стратиграфии. М., Изд-во МГУ, 1973, т. 1. 530 с.; 1974, т. 2. 486 с.

Либрович Л. С. О палеонтологическом методе в стратиграфии.—Мат-лы ВСЕГЕИ, палеонт. и стратигр., 1948, вып. 5, с. 10—22.

Либрович Л. С., Овечкин Н. К. Задачи и правила изучения и описания стратотипов и опорных стратиграфических разрезов. М., Госгеолтехиздат, 1963. 28 с.

Ливанов Н. А. Пути эволюции животного мира. М., ГИЗ. Советская наука, 1955. 399 с.

Липина О. А. Зональная стратиграфия и палеобиогеография турне по фораминиферам.—В кн.: Вopr. микропалеонтологии, вып. 16. М., Наука, 1973, с. 3—35.

Липман Р. Х. Зональное расчленение морского палеогена Западно-Сибирской низменности.—В кн.: Межведомств. совещание по разработке стратиграфич. схем Сибири. Тезисы докл. Новосибирск, 1956, с. 65—66.

Липман Р. Х. Палеогеновые радиолярии СССР.—Автореф. докт. дис. Л., 1972. 55 с.

Мазарович А. Н. Об основных единицах геохронологии.—Докл. АН СССР, 1947, т. 58, № 3, с. 443—446.

Майр Э. Зоологический вид и эволюция. М., Мир, 1968. 597 с.

Македонов А. В. Принципы и методы региональной стратиграфии угольных бассейнов, корреляции разрезов и синонимии угольных пластов.—В кн.: Методы корреляции угленосных толщ и синонимии угольных пластов. М., Наука, 1968, с. 147—158.

Макридин В. П. Принципы выделения и номенклатуры подразделений палеозоогеографического районирования морских бассейнов.—Палеонтолог. журн., 1973, № 2, с. 3—9.

Макридин В. П., Кац Ю. И. Некоторые вопросы методики палеобиогеографических исследований.—В кн.: Организм и среда в геологическом прошлом. М., Наука, 1966, с. 98—115.

Малахова Н. П. Новые данные по стратиграфии палеозоя Магнитогорского погружения.—Тр. ИГ УФААН СССР, 1963, вып. 65, с. 53—76.

Малахова Н. П. Пермские отложения реки Багарьяка.—В кн.: Сб. по тр. стратиграфии, № 9. Свердловск, 1967, с. 11—24.

Марков К. К. Развитие рельефа северо-западной части Ленинградской области. М.—Л., ОНТИ, 1931. 171 с. (Тр. Главн. геол.-разв. управления, вып. 117).

*Материалы по региональной геологии Сибири.*— Тр. СНИИГГИМС, 1975, вып. 216, 83 с.

*Мейен С. В.* Введение в теорию стратиграфии.— Геологический институт АН СССР, ВИНТИ, № 1749—74, Деп. М., 1974а. 185 с.

*Мейен С. В.* Понятия «естественность» и «одновременность» в стратиграфии.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1974б, № 5, с. 47—58.

*Мейен С. В.* Проблема направленности эволюции.— В кн.: Зоология позвоночных, т. 7. Проблемы теории эволюции. М., 1975, с. 66—117.

*Меледина С. В.* Аммониты и зональная стратиграфия байоса и бата Сибири. Новосибирск, Наука, 1973. 154 с.

*Меннер В. В.* Неравномерность (этапность) развития органического мира и ее значение для детальной стратиграфии.— Тр. МГРИ, 1961, т. 37, с. 177—183.

*Меннер В. В.* Биостратиграфические основы сопоставления морских, лагунных и континентальных свит. М., Изд-во АН СССР, 1962. 373 с. (Тр. ГИН АН СССР, вып. 65).

*Меннер В. В.* Три основные проблемы стратиграфии.— Вестник Моск. ун-та, 1975, № 6, с. 7—18.

*Меннер В. В.* Природа стратиграфических подразделений.— В кн.: Проблемы стратиграфии и исторической геологии. М., Изд-во Моск. ун-та, 1978, с. 9—20.

*Меннер В. В.* Общая шкала стратиграфических категорий в свете последних результатов геологических работ.— Бюл. МОИП, отд. геол., 1979, т. 54, 2, с. 31—48.

*Меннер В. В., Мейен С. В.* Об основных типах биостратиграфических ошибок.— Бюл. МОИП, отд. геол., 1971, т. 46, № 2, с. 136—137.

*Меннер В. В., Штрейс Н. А.* О тектонических аспектах геохронологической шкалы.— В кн.: Проблемы теоретич. и региональн. тектоники. М., Наука, 1971, с. 29—41.

*Месежников М. С.* Зоны региональных стратиграфических шкал.— Сов. геология, 1966, № 7, с. 3—16.

*Месежников М. С.* Зональная стратиграфия и зоогеографическое районирование морских бассейнов.— Геология и геофизика, 1969, № 7, с. 45—53.

*Месежников М. С.* О характере изменения границ зоогеографических областей и провинций.— В кн.: Палеобioгеография севера Евразии в мезозое. Новосибирск, Наука, 1974, с. 87—100.

*Месежников М. С., Алексеев С. Н.* О таксономическом ранге и географическом распространении *Progasenia Schindewolfi*, 1925 (*Ammonitina Perisphinctidae*).— Тр. ВНИГРИ, 1974, вып. 350, с. 142—153.

*Месежников М. С., Шулгина Н. И.* К экологии бореальных позднеюрских и неокомских аммонитов.— В кн.: Палеобioлогия дошных беспозвоночных прибрежных зон моря. Владивосток, Наука, 1975, с. 66—81.

*Миронова М. Г., Степанов Д. Л.* О возрасте мергелистого горизонта нижнепермской толщи Печорского бассейна.— Докл. АН СССР, 1957, т. 114, № 3, с. 623—626.

*Михайлов Н. П.* Зональное расчленение нижнего волжского яруса и его аналогов.— В кн.: Стратиграфия юрской системы. Тбилиси, 1962, с. 185—200.

*Михайлов Н. П.* Бореальные позднеюрские (нижневолжские) аммониты (*Virgatosphinctinae*).— Тр. Геол. ин-та АН СССР, 1964, вып. 107, с. 7—88.

*Михайлова Н. П., Глевасская А. М., Цыхора В. Н.* Палеомагнетизм вулканогенных пород и реконструкция геомагнитного поля неогена. Киев, Наукова думка, 1974. 250 с.

*Мур Р.* Значение фаций.— В кн.: Осадочные фации в геологической истории. М., ИЛ, 1953а, с. 17—62.

*Мур Р.* Беспозвоночные животные и геохронологическая шкала.— В кн.: Земная кора. М., ИЛ, 1953б, с. 561—589.

*Найдина Д. П., Копеевич Л. Ф.* О зональном делении верхнего мела Европейской палеобioгеографической области.— Бюл. МОИП, отд. геол., 1977, т. 52, № 5, с. 92—112.

*Найдина Н. Н.* Об *Ostracoda* некоторых разрезов киммерийских отложений Западно-Кубанского прогиба.— В кн.: Геология Центрального и Западного Кавказа. Т. 3. М., Госгеолгиздат, 1962, с. 158—169.

*Наливкин В. Д.* Стратиграфия и тектоника Уфимского плато и Юрезано-Сыльвенской депрессии. Л., Госгеолтехиздат, 1949. 205 с. (Тр. ВНИГРИ, вып. 47).

*Наливкин Д. В.* Учение о фациях. М., Изд-во АН СССР, 1955, т. 1. 534 с.; 1956, т. 2. 393 с.

*Наливкин Д. В.* Вопросы стратиграфии СССР.— Зап. Ленингр. горн. ин-та, 1960, т. 3, вып. 2, с. 3—7.

*Наливкин Д. В.* Границы геологических объектов.— Зап. Ленингр. горн. ин-та, 1974, т. 67, вып. 2, с. 51—54.

*Наумова С. Н.* Зональные комплексы растительных микрофоссилий докембрия и нижнего кембрия Евразии и их стратиграфическое значение.— В кн.: Стратиграфия нижнего палеозоя Центр. Европы. М., 1968, с. 30—39.

*Никитин С. Н., Чернышев Ф. Н.* Международный геологический конгресс и его последние сессии в Берлине и Лондоне.— Горн. журн., 1889, № 1, с. 114—150.

*Николов Т.* Биостратиграфия. София, Наука и искусство, 1977. 314 с.

*О возрасте и положении в разрезе аграфеновской свиты Виллоиской синеклизы и Приверхоянского прогиба/В. В. Забалуев, Ю. Л. Сластенов, А. И. Киричкова, Л. Ю. Буданцев.*— Тр. ВНИГРИ, 1976, вып. 385, с. 163—167.

*Олейников А. Н.* Проблемы стратиграфии. Новосибирск, 1969. 193 с. (Тр. СНИИГГИМС, вып. 94, сер. стратигр. и палеонт.).

*Опорный разрез верхнеюрских отложений р. Хеты (басс. р. Хатанги)/В. Н. Сакс, В. А. Захаров, М. С. Месежников и др. Л., Наука, 1969. 208 с.*

*Основы палеонтологии. Моллюски — головоногие. Т. 2.* Под ред. Н. П. Луппова и В. В. Друшица. М., Изд-во АН СССР, 1958. 158 с.

*Палеогеография севера СССР в юрском и меловом периодах/М. С. Месежников, Т. Е. Балабанова, Т. А. Веренинова и др.*— Тр. ВНИГРИ, 1971, вып. 304, с. 3—132.

*Палеозойские и мезозойские флоры Евразии и фитогеография этого времени/В. А. Вахрамеев, И. А. Добрускина, Е. Д. Заклинская, С. В. Мейен. М., Наука, 1970. 424 с.*

*Палеомагнетизм палеозоя/А. Н. Храмов, Г. И. Гончаров, И. П. Слауцитайс и др. Л., Недра, 1974. 238 с. (Труды ВНИГРИ, вып. 335).*

*Палеофитогеография севера СССР в мелу и палеогене/С. Р. Самойлович, Н. Д. Мчедлишвили, А. С. Грязева, К. А. Любимрова. Л., Недра, 1975. 96 с. (Тр. ВНИГРИ, вып. 358).*

*Панов Д. Г., Вронский В. А.* Распределение и состав пыльцы в поверхностном слое осадков Азовского моря.— Докл. АН СССР, 1964, т. 155, № 4, с. 818—821.

*Парамонов А. А.* Курс дарвинизма. М., Изд-во Сов. наука, 1945. 432 с.

*Парамонов А. А.* Пути и закономерности эволюционного процесса.— В кн.: Совр. проблемы эволюционной теории. Л., Наука, 1967. 489 с.

*Пейве А. В.* Тектоника и развитие Урала и Аппалачей — сравнение.— Геотектоника, 1973, № 3, с. 3—13.

*Пепеляев Б. В., Юферев О. В., Бозуш О. И.* Биостратиграфия каменноугольных отложений юго-западной части Колымского массива. Новосибирск, Наука, 1970. 193 с. (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР, вып. 60).

*Пергамент М. А.* Этапность развития иноцераров в свете абсолютной геохронологии.— Палеонт. журн., 1967, № 1, с. 32—40.

*Пергамент М. А.* Стратиграфия и иноцерары верхнего мела севера Тихоокеанского пояса и зональная шкала.— Автореф. докт. дис. М., 1974а. 55 с.

*Пергамент М. А.* Биостратиграфия и иноцерары сенона (сантон — маастрихт) Тихоокеанских районов СССР.— Тр. ГИН АН СССР, 1974б, вып. 260. 267 с.

*Пергамент М. А., Печерский Д. М., Храмов А. К.* О палеомагнитной шкале мезозоя.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1971, № 10, с. 3—11.

- Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. М., Мир, 1976. 535 с.
- Полякова Г. А., Рудавская В. А., Родионов В. П. О рифейском возрасте новой нефтяной залежи в Восточной Сибири.— Докл. АН СССР, 1978, т. 243, № 6, с. 1523—1525.
- Попов В. Е. Способ корреляции немых толщ по геохимическим данным на примере девонских отложений Южного Алтая.— Зап. Ленингр. горн. ин-та, 1960, т. 37, вып. 2, стратигр. вост. обл. Сов. Союза. М., Госгеолтехиздат, 1960, с. 178—186.
- Попов Г. И. О стратиграфическом расчленении и сопоставлении черноморских и каспийских четвертичных отложений.— Докл. АН СССР, 1955, т. 101, № 1, с. 143—146.
- Поярков Б. В. Применение методов математической статистики к решению некоторых вопросов стратиграфии.— Вopr. микропалеонтологии, 1969, вып. 12, с. 209—218.
- Проблемы стратиграфии. Новосибирск, 1969. 184 с. (Тр. СНИИГГИМС, вып. 94).
- Проблемы стратиграфии. Новосибирск, 1973. 77 с. (Тр. СНИИГГИМС, вып. 169).
- Проект стратиграфического кодекса СССР. Л., 1970. 55 с.
- Проект стратиграфического кодекса СССР (второй вариант). Л., 1974. 40 с.
- Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород. М.—Л., ГОНТИ, 1940, ч. 1, 476 с.; ч. 2, 419 с.
- Пчелинцев В. Ф. Схема стратиграфического подразделения юрских отложений.— Тр. Геол. музея им. А. П. Карпинского, 1957, вып. 1, с. 5—33.
- Равикович А. И. Развитие основных теоретических направлений в геологии XIX в.— Тр. ГИН АН СССР, 1969, вып. 189, с. 5—246.
- Радченко Г. П. Ярусы провинциальных стратиграфических шкал для континентальных отложений и корреляция последних с морскими отложениями.— В кн.: Геол. строение СССР, т. 5. Основные проблемы геологии. М., Недра, 1969, с. 46—62.
- Раузер-Черноусова Д. М. Стратиграфия верхнего карбона и артинского яруса западного склона Урала и материалы к фауне фузулинид.— Тр. ГИН АН СССР, 1940, вып. 7, сер. геол., № 2, с. 37—104.
- Раузер-Черноусова Д. М. Материалы к фауне фораминифер Центрального Казахстана. М., Изд-во АН СССР, 1948. 66 с. (Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, вып. 66).
- Раузер-Черноусова Д. М. Зоны фузулинид и их соотношение с другими стратиграфическими подразделениями.— Бюл. МОИП, отд. геол., 1955, т. 30, 4, с. 62—70.
- Раузер-Черноусова Д. М. О зонах единых и региональных стратиграфических шкал.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1967, № 7, с. 104—118.
- Раун Д., Стэнли С. Основы палеонтологии. М., Мир, 1974. 390 с.
- Резвой Д. П. Проблемы тектоники Южного Тянь-Шаня и гипотеза последовательного раздавливания вулканогенных прогибов.— Геотектоника, 1969, № 1, с. 120—124.
- Результаты изучения рязанского горизонта на р. Оке в 1976 г./М. С. Месяжников, В. А. Захаров, Н. И. Шульгина, С. Н. Алексеев.— В кн.: Международ. коллоквиум по верхней юре и границе юры и мела. Новосибирск, 1977, с. 17—18.
- Рейтлингер Е. А. Этапность развития фораминифер и ее значение для стратиграфии каменноугольных отложений.— Вopr. микропалеонтологии, 1969, вып. 12, с. 3—33.
- Рейтлингер Е. А. Каменноугольная система и ее основные подразделения согласно этапности развития фораминифер.— Тр. МСК, 1970, т. 4, с. 28—41.
- Рихтер-Бернбург Г. Влияние циклов солнечной активности и других климатических циклов на образование ленточных эвапоритов.— В кн.: Проблемы палеоклиматологии. М., Мир, 1968, с. 336—344.
- Розанов А. Ю. Закономерности морфологической эволюции археоциат и

- вопросы ярусного расчленения нижнего кембрия. М., Наука, 1973. 230 с. ГИН АН СССР, вып. 241).
- Розовская С. Е. Фузулиниды верхнего карбона и нижней перми Южного ла.— В кн.: Мат-лы по фауне палеозоя. М., 1952, с. 5—48. (Тр. ПИН АН Р., т. 11).
- Романовский С. И. Седиментологические основы литологии. Л., Недра, 1977. 408 с.
- Ронкина З. З. Вещественный состав и условия формирования юрских и меловых отложений севера Центральной Сибири. Л., 1965. 163 с. (Тр. НИИГА, т. 146).
- Ронов А. Б. Эволюция состава пород и геохимических процессов в осадочной оболочке Земли.— Геохимия, 1972, № 2, с. 137—147.
- Ронов А. Б., Хаин В. Е. Палеогеография и литологические фации материков в мезозое.— В кн.: Региональная палеогеография, М., 1960, с. 171—189.
- Рубинштейн М. М. Оrogenические фазы и периодичность складкообразования в свете данных абсолютной геохронологии.— Геотектоника, 1967, № 2, с. 21—30.
- Рухин Л. Б. Основы литологии. Л.—М., Гостоптехиздат, 1953. 671 с.
- Рухин Л. Б. Изменение рельефа Земли как одна из основных причин смены крупных групп организмов.— Уч. зап. Ленингр. ун-та, сер. геол., 1957, вып. 9, с. 71—92.
- Рухин Л. Б. Основы общей палеогеографии. 2-е изд. Л., Гостоптехиздат, 1962. 628 с.
- Рухин Л. Б. Основы литологии. 3-е изд. Л., Недра, 1969. 703 с.
- Рыоз М. Философия биологии. М., Прогресс, 1977. 317 с.
- Савицкий В. Е. О ярусном расчленении среднего кембрия Сибири и некоторых общих вопросах разработки эталонной шкалы ярусных подразделений.— В кн.: Проблемы стратиграфии. Новосибирск, 1969а, с. 140—149. (Тр. СНИИГГИМС, вып. 94).
- Савицкий В. Е. О правилах стратиграфической классификации и терминологии и о природе хроностратиграфических подразделений фанерозоя.— Тр. СНИИГГИМС, 1969б, вып. 110, с. 11—23.
- Савицкий В. Е. О зональной стратиграфии и путях совершенствования Международной стратиграфической шкалы фанерозоя.— Тр. СНИИГГИМС, 1973, вып. 169, с. 22—38.
- Садыхов А. М. Система универсальной стратиграфической классификации.— Изв. АН КазССР, сер. геол., 1969, № 1, с. 19—28.
- Садыхов А. М. Значение и место стратиграфии в геологии.— Изв. АН КазССР, сер. геол., 1970, № 5, с. 17—26.
- Садыхов А. М. Идея рациональной стратиграфии. Алма-Ата, Наука, 1974. 183 с.
- Сазонов Н. Т. Юрские отложения центральных областей Русской платформы. Л., Гостоптехиздат, 1957. 154 с.
- Сазонов Н. Т. Новые данные о келловейских, оксфордских и кимеридж-аммонитах.— Тр. ВНИГНИ, 1965, вып. 44, с. 3—49.
- Сакс В. Н. Проблемы этапности в развитии жизни и зональная стратиграфия мезозоя.— Геология и геофизика, 1976, № 11, с. 3—16.
- Сакс В. Н., Нальянова Т. И. Верхнеюрские и нижнемеловые белемниты севера СССР. Роды *Pachyteuthis* и *Acroteuthis*. Л., Наука, 1966. 260 с.
- Салон Л. И. Общая стратиграфическая шкала докембрия. Л., Недра, 1973. 309 с.
- Свиточ А. А. К вопросу о неполноте геологической летописи (по материалам изучения кайнозойских отложений).— Бюл. МОИП, отд. геол., 1974, т. 79, № 3, с. 58—67.
- Северцов А. Н. Морфологические закономерности эволюции. Л., Изд-во АН СССР, 1949. 536 с.
- Семихатова С. В. Геологический возраст верхнепаникских слоев Донского карбона.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1948, № 3, с. 143—146.
- Сержантов В. Ф. Введение в методологию современной биологии. Л., Наука, 1972. 282 с.

Симаков К. В. Время в стратиграфии.— В кн.: Методологич. вопр. геол. наук. Киев, Наукова думка, 1974, с. 81—106.

Симаков К. В. Международная стратиграфическая шкала, календарь и метрика геологического времени.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1975, № 4, с. 114—123.

Симорин А. М. Возраст слоев с *Gonioloboceras* в Центральном Казахстане.— Изв. Каз. филиала АН СССР, сер. геол., 1946, № 8 (26), с. 13—20.

Симпсон Дж. Г. Темпы и формы эволюции. М., ИЛ, 1948. 358 с.

Синицын В. М. Силль. Историко-геологические аспекты. Л., Недра, 1972. 167 с.

Сириг Н. А., Шмакова Г. В. Геологическое описание верхней части бассейна р. Северной Сосьвы.— Тр. Арктич. ин-та, 1937, т. 24, с. 65—82.

Смирнов Г. А. Материалы к палеогеографии палеозоя Урала.— Тр. Горно-геол. ин-та УФАИ, 1956, вып. 24, с. 10—25. (Сб. по вопр. стратиграфии, № 3).

Совещание по биостратиграфии морского мезозоя Сибири и Дальнего Востока/В. Н. Сакс, А. А. Дагис, А. С. Дагис и др.— Геология и геофизика, 1972, № 7, с. 136—147.

Совещание по проблеме «Этапность в развитии органического мира» (тезисы докладов). М., Наука, 1975. 114 с.

Соколов Б. С. Новейшие данные об исследованиях по проблеме границы силура и девона.— Геология и геофизика, 1970, № 6, с. 3—12.

Соколов Б. С. Биохронология и стратиграфические границы.— В кн.: Пробл. общ. и регион. геологии. Новосибирск, Наука, 1971, с. 155—178.

Соколов Б. С. Периодичность (этапность) развития органического мира и биостратиграфические границы.— Геология и геофизика, 1974, № 1, с. 3—10.

Соколов Б. С., Поленова Е. Н. Граница силура и девона.— В кн.: Биостратиграфия пограничных отложений силура и девона. М., Наука, 1968, с. 21—54.

Соловьева М. Н. Стратиграфии и фузулинидовые зоны среднекаменноугольных отложений Средней Азии.— Тр. ГИН АН СССР, 1963, вып. 76. 133 с.

Соловьева М. Н. Темпы и стадии эволюционного развития фораминифер и их соотношение с развитием Земли.— Вопр. микропалеонтологин, 1966, вып. 10, с. 68—79.

Споры и пыльца в нефтях и породах нефтегазоносных областей. Под ред. М. М. Алиева, К. Г. Чепикова. М., Наука, 1971. 212 с.

Старик И. Е. Ядерная геохронология. М.— Л., Изд-во АН СССР, 1961. 630 с.

Степанов Д. Л. Верхний палеозой Башкирской АССР. Л., Гостоптехиздат, 1941. 98 с. (Тр. ВНИГРИ, нов. сер., вып. 20).

Степанов Д. Л. Верхний палеозой Западного склона Урала. Л.— М., Гостоптехиздат, 1951. 221 с. (Тр. ВНИГРИ, вып. 54).

Степанов Д. Л. Методика стратиграфических исследований.— В кн.: Спутник полевого геолога-нефтяника, т. 2. Л., Гостоптехиздат, 1954, с. 3—27.

Степанов Д. Л. Принципы и методы биостратиграфических исследований. Л., Гостоптехиздат, 1958. 180 с. (Тр. ВНИГРИ, вып. 113).

Степанов Д. Л. Об основных принципах стратиграфии.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1967, № 10, с. 103—114.

Степанов Д. Л. Проблемы стратиграфии верхнего палеозоя.— В кн.: Вопр. стратиграфии палеозоя. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1969, с. 25—38.

Степанов Д. Л. Граница палеозоя и мезозоя в свете современных данных.— Вестн. Ленингр. ун-та, 1972, № 24, с. 34—45.

Стерлин Б. П., Зиновьев М. Е., Мигачева Е. Е. О подразделении общей и местной стратиграфических шкал.— Сов. геология, 1969, № 1, с. 38—44.

Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура. Л., Недра, 1965. 70 с.

Стратиграфические подразделения/В. В. Мейнер, Ю. Б. Гладенков, Б. М. Келлер и др.— Итоги науки и техники, сер. стратигр. и палеонтол., 1977, т. 8. 114 с.

Стратиграфический кодекс СССР. Л., 1977. 79 с.

Стратиграфия и математика. Под ред. Ю. А. Косыгина, Ю. С. Салина, В. А. Соловьева. Хабаровск, Наука, 1974. 203 с.

Стратиграфия мезозойских и третичных отложений Западно-Сибирской низменности/Н. Н. Ростовцев, З. Т. Алескерова, Э. А. Еганов и др.— Тр. Межвед. совещ. по стратиграфии Сибири. Л., Гостоптехиздат, 1957, с. 113—129.

Страхов Н. М. Основы исторической геологии, т. 1. М.— Л., Гостеолиздат, 1948. 252 с.

Страхов Н. М. О теоретической литологии и ее проблемах.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1957, № 11, с. 15—31.

Страхов Н. М. Основы теории литогенеза, т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1960. 212 с.

Страхов Н. М. Этапы развития внешних геосфер осадочного породообразования в истории Земли.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1962, № 12, с. 3—22.

Страхов Н. М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М., Гостеолиздат, 1963. 535 с.

Сушкин П. П. Обратим ли процесс эволюции?— Новые идеи в биологии, 1915, вып. 8, с. 1—39.

Тахтаджян А. Л. Вопросы эволюционной морфологии растений. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1954. 214 с.

Тахтаджян А. Л. Происхождение и расселение цветковых растений. Л., Наука, 1970. 144 с.

Твенхофф В. Х. Учение об образовании осадков. М.— Л., 1936. 910 с.

Тесленко Ю. В. К вопросу о взаимоотношении единой и региональных стратиграфических шкал.— В кн.: Проблемы стратиграфии. Новосибирск, 1969, с. 79—83. (Тр. СНИИГГИМС, вып. 94).

Тесленко Ю. В. О характере границ стратиграфических подразделений единой (международной) стратиграфической шкалы.— Геол. журн., 1972, т. 32, вып. 3, с. 49—56.

Тесленко Ю. В. Основы стратиграфии осадочных образований. Киев, Наукова думка, 1976. 139 с.

Тимофеев-Ресовский Н. В., Воронцов Н. Н., Яблоков А. В. Краткий очерк теории эволюции. М., Наука, 1969. 408 с.

Тимофеев-Ресовский Н. В., Яблоков А. В., Глотов Н. В. Очерк учения опуляции. М., Наука, 1973. 222 с.

Тихомиров В. В., Хаин В. Е. Краткий очерк истории геологии. М., Гостехиздат, 1956. 260 с.

Трушкова Л. Я. Особенности строения продуктивной толщи неокма Обь-Иртышского междуречья.— Тр. СНИИГГИМС, 1969, вып. 94, с. 164—168.

Туманская О. Г. Горизонты перми Крыма.— Пробл. Сов. геологии, 1937, № 5—6, с. 470—472.

Уитроу Дж. Естественная философия времени. М., Прогресс, 1964. 431 с.

Усов М. А. Фазы и циклы тектогенеза Западно-Сибирского края. Томск, Изд. Зап.-Сиб. геол. треста, 1936. 209 с.

Усов М. А. Фации и формации горных пород.— В кн.: Основные идеи М. А. Усова в геологии. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1960, с. 115—119.

Успенская Н. Ю. О фациях и условиях залегания майкопских слоев на Северо-Западном Кавказе.— В кн.: Месторождения нефти Переловых хребтов и Черных гор. Л., 1933, с. 82—99.

Устрицкий В. И. Верхний палеозой Арктики (биостратиграфия и биогеография).— Автореф. докт. дис. Л., 1967. 37 с.

Фисуненко О. П. Об основных принципах стратиграфии.— В кн.: III Геол. конференция «Лутугинские чтения». Луганск, 1969, с. 144—146.

Форш Н. Н. Палеоэкологические закономерности распределения фауны казанского времени в Среднем Поволжье.— Геол. сб. ВНИГРИ, 1951, вып. 1, с. 49—57.

Форш Н. Н. Волго-Уральская нефтеносная область. Пермские отложения. Уфимская свита и казанский ярус. Л., Гостоптехиздат, 1955. 156 с. (Тр. ВНИГРИ, вып. 92).

Форш Н. Н. О стратиграфическом расчленении и корреляции разрезов татарского яруса востока Русской платформы по комплексу литолого-страти-

графических, палеомагнитных и палеонтологических данных.—Тр. ВНИГРИ, 1963, вып. 204, с. 175—211.

Хаин В. Е. Геотектонические основы поисков нефти. Баку, Гостоптехиздат, 1954. 692 с.

Хаин В. Е. Общая геотектоника. М., Недра, 1964а. 479 с.

Хаин В. Е. Направленность, цикличность и неравномерность развития земной коры.—В кн.: Строение и развитие земной коры. М., Наука, 1964б, с. 13—28.

Халфин Л. Л. О некоторых вопросах региональной стратиграфии.—В кн.: Мат-лы Новосибирской конференции по учению о геол. формациях, т. 1. Новосибирск, Книжн. изд-во, 1955, с. 45—55.

Халфин Л. Л. Об опорных палеонтологических горизонтах и границах на примере стратиграфии Кузнецкого бассейна.—Изв. Томск. политехн. ин-та, 1959а, вып. 99, с. 5—25.

Халфин Л. Л. Осадочные геологические формации в стратиграфическом аспекте.—Сов. геология, 1959б, № 10, с. 11—19.

Халфин Л. Л. О тектоно-стратиграфическом направлении в геологии и о принципах стратиграфии.—В кн.: Основные идеи М. А. Усова в геологии. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1960а, с. 381—394.

Халфин Л. Л. Принципы биостратиграфической параллелизации.—Тр. СНИИГГИМС, 1960б, вып. 8, с. 5—25.

Халфин Л. Л. О правилах Фреха и Карпинского и о границе нижнего и среднего девона.—В кн.: Мат-лы по геол. и полезн. ископаемым Западной Сибири. Томск, ТГУ, 1964, с. 83—93.

Халфин Л. Л. Принцип последовательности образования геологических тел (принцип Стенона). Правильно последовательности напластования (правило Степона — Хеттона).—Тр. СНИИГГИМС, 1967, вып. 57, с. 5—29.

Халфин Л. Л. Принцип Никитина — Чернышева — теоретическая основа стратиграфической классификации.—Тр. СНИИГГИМС, сер. стратигр. и палеонт., 1969, вып. 94, с. 7—42.

Халфин Л. Л. Принцип А. П. Карпинского и границы подразделений международной стратиграфической шкалы (МСШ).—Тр. СНИИГГИМС, сер. региональной геологии, 1970, вып. 10, с. 4—10.

Халфин Л. Л. ПДП — предел допустимой погрешности при биостратиграфических сопоставлениях.—Тр. СНИИГГИМС, 1972, вып. 146, с. 3—19.

Халфин Л. Л. О методологических основах стратиграфической классификации.—В кн.: Методологические проблемы научного познания. Новосибирск, Наука, 1977, с. 214—242.

Хворова И. В. Батинальные осадки среди сакмарских и артинских отложений в Башкирском Прнуралье.—Докл. АН СССР, 1947, т. 57, № 9, с. 939—941.

Херасков Н. П. Геологические формации (опыт определения).—Бюл. МОИП, отд. геол., 1952, т. 27, № 5, с. 31—52.

Херасков Н. П. Тектоника и формации.—Автореф. докт. дис. М., 1965. 48 с.

Хозацкий Л. И. О некоторых сторонах направленности эволюции.—В кн.: Некоторые философские вопросы современного естествознания, вып. 1. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1978, с. 109—122.

Храмов А. Н. О палеомагнетизме как основе нового метода корреляции и расчленения осадочных толщ.—Докл. АН СССР, 1957, т. 112, № 5, с. 849—852.

Храмов А. Н. Палеомагнитная корреляция осадочных толщ. Л., Гостоптехиздат, 1958. 218 с. (Тр. ВНИГРИ, вып. 116).

Храмов А. Н. Палеомагнитное изучение разрезов верхней перми и нижнего триаса севера и востока Русской платформы.—Тр. ВНИГРИ, 1963, вып. 204, с. 145—174.

Храмов А. Н. Изучение геологического строения регионов и геологическое картирование. Палеомагнитные исследования.—В кн.: Комплексирование геофизических методов при решении геологических задач. М., Недра, 1976, с. 99—105.

Храмов А. Н., Шолпо Л. Е. Палеомагнетизм. Л., Недра, 1967. 251 с.

Храмов А. Н., Молоствовский Э. А. Шкала геомагнитных инверсий и проблемы палеомагнитной стратиграфии.—В кн.: Главное геомагнитное поле и проблемы палеомагнетизма, ч. III. М., 1976, с. 100—102.

Чернышев Ф. Н., Лутугин Л. И. Донецкий бассейн.—Изв. Об-ва горных инженеров, 1897, № 11, с. 15—40; № 12, с. 20—42.

Чибрикова Е. В. Условия формирования спорово-пыльцевых комплексов и их использование для восстановления обстановки седиментации и палеогеографии.—Изв. АН СССР, сер. геол., 1963, № 12, с. 49—53.

Чирва С. А., Шульгина Н. И., Бурдыкина М. Д. Menjaites в нижневалланжинских отложениях Северной Сибири.—Докл. АН СССР, 1975, т. 225, № 5, с. 1162—1163.

Чувашов Б. И. Проблемы стратиграфии и сопоставления верхнепалеозойских отложений западного и восточного склонов Урала.—Вопросы стратиграфии, 1967, № 9, с. 41—48.

Чувашов Б. И. Основные черты тектоники западного склона Урала в артинский век.—В кн.: Ежегодник Ин-та геологии и геохимии УФАИ. Свердловск, 1970, с. 298—304.

Шанцер Е. В., Краснов И. И., Никифорова К. В. Стратиграфическая классификация, терминология и принципы построения общей стратиграфической шкалы применительно к четвертичной (антропогенной) системе (проект). М., 1973. 37 с.

Шатский Н. С. О неокатастрофизме.—Пробл. сов. геологии, 1937, № 7, с. 532—551.

Шатский Н. С. О длительности складкообразования и о фазах складчатости.—Изв. АН СССР, сер. геол., 1951, № 1, с. 45—53.

Шатский Н. С. К вопросу о палеозойских спорах в Криворожской серии украинского докембрия.—Изв. АН СССР, сер. геол., 1957, № 4, с. 82—90.

Шатский Н. С. Парагенезис осадочных и вулканогенных пород и формаций.—Изв. АН СССР, сер. геол., 1960, № 5, с. 3—23.

Швецов М. С. Петрография осадочных пород. М., Госгеолтехиздат, 1958. 416 с.

Шепард Ф. Земля под морем. М., Мир, 1964. 252 с.

Шепард Ф. Морская геология. Л., Недра, 1969. 461 с.

Шиндевольф О. Стратиграфия и стратотип. М., Мир, 1975. 136 с.

Шишкин М. А. Необратимые эволюции и факторы морфогенеза.—Палеонтологич. журн., 1968, № 3, с. 3—11.

Шишкин М. А. Морфология древних земноводных и проблемы эволюции низших тетрапод.—Тр. Палеонтологич. ин-та АН СССР, 1973, т. 137, с. 1—198.

Шмальгаузен И. И. Проблемы дарвинизма. Л., Наука, 1969. 493 с.

Шрок Р. Последовательность в свитах слоистых пород. М., ИЛ, 1950. 460 с.

Шульгина Н. И. Волжские аммониты.—В кн.: Опорный разрез верхнеюрских отложений бассейна р. Хеты (Хатангская впадина). Л., Наука, 1969, с. 125—162.

Экостратиграфия и экологические системы геологического прошлого. Тез. докл. XXII сессии Всесоюз. палеонтологич. об-ва. Л., 1976. 86 с.

Эльянов М. Д., Тетерюк В. К. Находка микроспор в первичных каолинах северо-западной части Украинского щита.—Докл. АН СССР, 1970, т. 193, № 6, с. 1374—1375.

Юрские и меловые отложения Русской платформы/П. А. Герасимов, Е. Е. Мигачева, Д. П. Найдин, Б. П. Стерлин. М., МГУ, 1962. 196 с.

Яблоков В. С. Перерывы в морском осадконакоплении и палеореки (в рифе — палеозое Русской платформы). М., Наука, 1973. 215 с. (Тр. ГИН АН СССР, вып. 248).

Яворский В. И. К вопросу о стратиграфии Кузнецкого бассейна.—Сов. геология, 1955, сб. 45, с. 132—140.

Ямниченко И. М. Структура и сущность биостратиграфического метода. Киев, Наукова думка, 1977. 168 с.

Янин Б. Т. Способы цериноса и переотложения остатков организмов.— В кн.: Тафономия и экологические основы. Следы жизни и их интерпретация. Л., 1974, с. 48—50. (Тезисы докл. XX сессии Всесоюз. палеонтол. об-ва).

Янов Э. Н. К вопросу о литолого-формационном методе.— Литология и полезные ископаемые, 1965, № 6, с. 84—89.

Янин А. Л. Геология Северного Приаралья. М., изд. МОИП, 1953. 612 с.

Янин А. Л. О так называемых мировых трансгрессиях и регрессиях.— Бюл. МОИП, отд. геол., 1973, т. 48, № 2, с. 9—44.

Янин А. Л., Гарецкий Р. Г. Тектонический анализ мощностей.— В кн.: Методы изучения тектонических структур. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 115—333.

Adams J., Rogers J. Bentonites as absolute time — stratigraphic calibration points. New York, Acad. Sci. Ann., 1961, vol. 9, N 2, pp. 390—396.

Ager D. V. Principles of paleoecology. New York, McGraw-Hill, 1963. 371 p.

Ager D. V. The nature of the stratigraphical record. Macmillan Press. London, Wasingstone, 1973. 114 p.

Allan R. S. Geological correlation and paleoecology.— Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 59, N 1, 1948, pp. 1—10.

Anthony I. W. Geological stratigraphy: Geochronology.— Arizona Univ. Phys. Sci. Bull., 1955, N 2, pp. 82—86.

Ashley G. H. Classification and nomenclature of rock units.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1939, vol. 23, N 7, pp. 1068—1088.

Arkell W. J. Jurassic system of Great Britain. Clarendon Press, Oxford, 1933. 681 p.

Arkell W. J. Standard of european jurassic.— Bull. Soc. Geol. Amer., 1946, vol. 67, N 1, pp. 1—34.

Arkell W. J. Comments on stratigraphic procedure and terminology.— Amer. J. Sci., 1956, vol. 254, N 8, pp. 457—467.

Arkell W. J. Jurassic geology of the world. Edinburgh—London, 1957. 806 p.

Barrell J. Rhythms and measurements of geologic time.— Bull. Soc. Geol. Amer., 1917, vol. 28, pp. 745—904.

Barthel K. W. Stratigraphic problems; reference sections, the Tithonian and the Jurassic—Cretaceous boundary.— Neues Jahrb. Geol. Palaeont., Monatsch., 1971, N 9, pp. 318—359.

Birckelund T., Thusu B., Virgan J. Jurassic—Cretaceous stratigraphy of Norway, with comments on the British Rasenia cymodoce zone.— Palaeontology, 1978, vol. 21, pt. 1, pp. 31—63.

Blatt H. Determination of mean sediment thickness in the crust, a sedimentologic model.— Bull. Soc. Geol. Amer., 1970, vol. 81, pp. 255—262.

Blow W. H. Late middle Eocene to recent planktonic foraminiferal biostratigraphy.— In: Ist. Int. Conf. on Planktonic Microfossils (Geneva, 1967), Proc. Leiden, 1969, vol. 1, pp. 199—422 (ed. by Bronnimann and Renz).

Boden K. Die Fauna des unteren Oxford von Popilany in Lutauen.— Abhandl. Geol., Paläont., N. F., 1911, Bd. 10, H. 2. 77 S.

Bolli H. M. Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on planktonic foraminifera.— Bol. Informativo, Assoc. Venezolano de Geol. Min., Pet., 1966, vol. 9, N 1, pp. 3—32.

Boucot A. J. Evolution and extinction rate controls. Elsevier, Amsterdam — Oxford — New York, 1975. 427 p.

Brinkmann R. Statistisch-biostratigraphische Untersuchungen am Mitteleuropäischen Ammonites über Artbegriff und Stammesentwicklung.— Abhandl. Ges. Wissensch. Göttingen, math.-phys. Kl., 1929, Bd. 13, N 3. 249 S.

Buckman S. S. A monograph of inferior oolithe ammonites. Paleont. Soc., London, 1887—1907.

Buckman S. S. The term "Hemera".— Geol. Mag., 1902, vol. 4, pp. 554—557.

Callomon J. H. Note on the Callovian and Oxfordian Stages.— Coll. Jurass. Luxemburg, 1964, pp. 269—291.

Callomon J. H. Notes of Jurassic stratigraphic nomenclature.— I. Principles of stratigraphic nomenclature. Carpatho-Balkan Geol. Assoc., VII Congress, Sofia, 1 (2), 1965, pp. 81—85.

Callomon J. H. Jurassic ammonites from the Northern, North Sea.— Norsk. Geologisk. Tidsskrift, Oslo, 1975, vol. 55, pp. 373—386.

Callomon J. H., Donovan D. T. Stratigraphic classification and terminology.— Geol. Mag., 1966, 103, pp. 97—99.

Casey R. The stratigraphical paleontology of the Lower Greensand.— Palaeontology, 1961, N 3, pp. 487—621.

Casey R. The position of the Middle Volgian in the English Jurassic.— Proc. Geol. Soc. London, 1967, N 1640, pp. 128—133.

Casey R. The ammonite succession at the Jurassic-Cretaceous boundary in eastern England.— Geol. J., Spec. Issue, 5, 1973, pp. 193—266.

Caster K. E. The stratigraphy and paleontology of north-western Pennsylvania.— Bull. Amer. Paleont., 1934, vol. 21, N 71. 185 p.

Coatham A. H., Hazel J. F. Binary (presence—absence) sincularity.— J. Paleont., 1969, vol. 43, N 5, pp. 1130—1136.

Cox F. W. The data of geochemistry.— U. S. Geol. Surv. Bull., 1924, —841.

Code of stratigraphical nomenclature.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1961, vol. 45, N 5, pp. 645—665.

Cook H. E., McDaniel P. N., Maunjoy E. W., Pray L. C. Allochthonous carbonate debris from a Devonian bank ("reef") margins, Ahertor, Canada.— Bull. Canad. Petrol. Geol., 1972, vol. 20, N 3, pp. 439—497.

Cox A. Geomagnetic reversals.— Science, 1969, vol. 163, N 3864, pp. 237—245.

Donovan D. T. Stratigraphy. An introduction to principles. London, 1966. 199 p.

Dunbar C. O. Permian faunas; a study in facies.— Bull. Soc. Geol. Amer., 1941, vol. 52. 332 p.

Dunbar C. O., Rodgers J. Principles of stratigraphy. New York, 1957. 356 p.

Eicher D. L. Geologic time. New York, 1971. 150 p.

Feyling-Hanssen R. W. Alpidium clavatum Cushman from the Late—glacial of Romerike, Norway.— Norsk. geologisk Tidsskrift, 1954, 33 h. 2—4. pp. 228—229.

Fiege K. The zone, base of biostratigraphy.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1951, vol. 35, N 12, pp. 2582—2596.

Fischer A. G. Geological time—distance rates: the Bubnoff unit.— Bull. Soc. Geol. Amer., 1969, vol. 80, pp. 549—551.

Foster N. H. Stratigraphic leak.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1966, vol. 50, N 12, pp. 2604—2606.

Frebold H. Ammonitenzonen und Sedimentationszyklen in ihrer Beziehung zueinander.— Centralbl. Miner., Geol. und Paläontologie, 1924, N 10, S. 313—320.

Glaessner M. F. Biological events and the Precambrian time scale.— Cand. J. Earth Sci., 1968, 5, pp. 585—590.

Grabau A. W. Principles of stratigraphy. 3 ed. New York, 1932. 1185 p.

Hallam A. Provinciality in Jurassic faunas in relation to facies and palaeogeography. Faunal provinces in space and time.— Geol. J. Special issue, N 4, 1971, pp. 129—152.

Hallam A. Jurassic bivalve biogeography.— Paleobiology, 1977, N 3, pp. 58—73.

Hancock J. M. Theoretical and real stratigraphy.— Geol. Mag., 1966, 103, p. 179.

Harrington H. Y. Space, things, time and events—an essay on stratigraphy.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1965, vol. 49, N 10, pp. 1601—1646.

Hart G. F. Comments on "A nomenclatural problem concerning reworked fossil spores and pollen".— Micropaleontology, 1971, vol. 17, N 1, pp. 107—108.

Hay W. W. Probabilistic Stratigraphy.— *Ecl. geol. Helv.*, 1972, Bd. 65, N 2, S. 255—266.

Hedberg H. D. Time-stratigraphic classification of sedimentary rocks.— *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1948, vol. 59, N 5, pp. 447—462.

Hedberg H. D. Towards harmony in stratigraphic classification.— *Amer. J. Sci.*, 1959, vol. 257, N 10, pp. 674—683.

Hedberg H. D. Chronostratigraphy and biostratigraphy.— *Geol. Mag.*, 1965, pp. 451—461.

Hedberg H. D. Stratigraphic boundaries — a reply.— *Ecl. geol. Helv.*, 1970, Bd. 73, N 2, S. 673—684.

Henningsmoen G. The Upper Cambrian faunas of Norway.— *Norsk. Geologisk. Tidsskrift*, 1958, 38, pp. 179—196.

Henningsmoen G. Remarks on stratigraphical classification.— *Norges Geol. Undersøn*, 1961, 213, pp. 62—92.

Henningsmoen G. Zig-zag evolution.— *Norsk. Geol. Tidsskr.*, 1964, vol. 44, N 3, pp. 341—350.

Hinte J. E. On the stage.— *Geol. en Mijnbouw*, 1968, 47, pp. 311—315.

Hinte J. E. The nature of biostratigraphic zones.— *Proc. 1 Int. Conference Planktonic Microfossils*, vol. 2, Leiden, 1969, pp. 267—272.

Holland C. H. Stratigraphical classification.— *Sci. Progress*, 1964, vol. 52, N 207, pp. 439—451.

Hollmann R. Über Subsolution und die "knollenkalke" des Calcare Ammonitico Rosso Superiore im Monte Balda (Malwi, Norditalien).— *Neues Jahrb. Geol. Paläontol. Monatsh.*, 1962, 55, S. 163—179.

Hudson R. G. S. The Goniatic zones of Namurian.— *Geol. Mag.*, 1945, vol. 82, N 1, pp. 1—9.

Hupé P. Les zones stratigraphiques.— *Bull. Trimestr. Serv. Inform. Geol. B. R. G. M.*, 1960, 49, pp. 1—20.

Huxley T. H. Geological contemporaneity and persistent types of Life.— *Quart. J. Geol. Soc.*, 1862, vol. 18, pp. 40—54.

Ingram R. L. Terminology for the thickness of stratification and parting units in sedimentary rocks.— *Bull. Soc. Geol. Amer.*, 1954, vol. 65, pp. 931—938.

International stratigraphic guide. Ed. H. Hedberg. New York, 1976. 200 p.

Irving E. Paleomagnetism and its application to the geological and geophysical problems. New York, 1964. 399 p.

Israelsky M. C. Oscillation chart.— *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 1949, vol. 33, pp. 92—98.

Jeletzky J. A. Paleontology, basis of practical geochronology.— *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 1956, vol. 40, N 4, pp. 679—706.

Jeletzky J. A. Upper Volgian (Latest Jurassic) Ammonites and Buchias of Arctic Canada.— *Geol. Surv. Canada*, 1966, Bull. 128. 51 p.

Kauffmann E. G. Population systematics, radiometrics and zonation — a new biostratigraphy.— *Proc. North Amer. Paleont. Conv.*, pt. F., 1970, pp. 612—665.

Keyes Ch. Faunal migration of the geological past.— *Pan-Amer. Geologist*, 1939, vol. 71, N 3, pp. 225—228.

Krumbein W. C., Sloss L. L. Stratigraphy and sedimentation. San Francisco, Freeman, 1951. 497 p.

Kuenen Ph. H. Marine geology. London, Wiley, 1950, X. 568 p.

Kurten Björn. Mammal migrations, Cenozoic stratigraphy, and the age of Peking Man and Australopithecus.— *J. Paleontol.*, 1957, vol. 31, N 1, pp. 215—227.

Long Ch. A mathematical formulae expressing faunal resemblance.— *Trans. Kansas Acad. Sci.*, 1963, vol. 66, N 1, pp. 38—39.

Lowenstam H. A. Niagarum reefs of the Great Laves area.— *J. Geol.*, 1950, vol. 58, pp. 430—487.

Lütting G. Bio-Zone, Chrono-Zone, Geo-Zone? — *Geol. Jb.*, 1968, Bd. 86, S. 1—3.

MacDougall I. Thorium, uranium and potassium concentrations in Hawaiian lavas.— *Nature*, 1964, vol. 201, N 4916, pp. 54—56.

Marcinowski R., Szulczewski M. Condensed Cretaceous sequence with stromatolites in the Polish Jura chain.— *Acta Geol. Polonica*, 1972, vol. 22, N 3, pp. 515—539.

McKee E. D. Facies changes in the Colorado Plateau.— *Soc. Geol. Amer. Mem.*, 1949, 39, pp. 35—48.

McKee E. D., Weir G. W. Terminology for stratification and cross-stratification in sedimentary rocks.— *Bull. Soc. Geol. Amer.*, 1953, vol. 64, N 4, pp. 381—389.

Menner V. V. Comparative appraisal of zonal scales for Warm-Water and Arctic Areas.— *In Geology of the Arctic*, San Francisco, 1973, pp. 230—238.

Miller T. G. Time in stratigraphy.— *Palaentol.*, 1965, N 8, pp. 113—131.

Milner H. B. Sedimentology petrography. London, 1962, vol. 1, 643 n.: vol. 2, 715 p.

Monty C. D'Orbigny's concepts of stage and zone.— *Paleontol.*, 1968, 42, N 3, pp. 689—701.

Moore R. C. Stratigraphical paleontology.— *Bull. Soc. Geol. Amer.*, 1 vol. 59, N 4, pp. 301—326.

Moore T. G. Radiolaria.— *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, vol. 8, 1971, pp. 391—411.

Muller A. Paleontology of the Pedavan and Plateau Sandstone formation (Cretaceous — Eocene) in Saravak, Malaysia.— *Micropaleontology*, 1968, vol. 14, N 1, pp. 1—37.

Muller S. W. Standard of the Jurassic system.— *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1941, vol. 52, N 9, pp. 1427—1444.

Neaverson E. Ammonites from the Upper Kimmeridge Clay.— *Paper Geol. Dept. Univ. Liverpool*, 1925. 31 p.

Neaverson E. Stratigraphical paleontology. Oxford, Clarendon Press, 1955. 806 p.

Newell N. D. Paleontological gaps and geochronology.— *J. Paleontol.*, 1962, N 36, pp. 592—610.

Newell N. D. Problems of geochronology.— *Proc. Acad. Sci. Philad.*, 1966, vol. 118, N 3, pp. 63—89.

Newell N. D. Paraconformities. Essay in paleontology and stratigraphy. Univ. Kansas Press, 1967a, pp. 349—367.

Newell N. D. Revolutions in the history of life.— *Soc. Geol. Amer. Spec. Paper*, 1967, 89, pp. 63—91.

Newell N. D., Boyd D. W. Parallel evolution in early trigoniacean bivalves.— *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 1975, vol. 154, pp. 53—162.

Oppel A. Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands. Stuttgart, 1856—1858. 858 S.

Orbigny, d'A. Paleontologie française. Terrains jurassiques. Cephalopodes. Paris, 1842—1851. 662 p.

Palmer A. R. Biomere — a new kind of biostratigraphic unit.— *J. Paleontol.*, 1965, N 39, pp. 149—153.

Phillips J. Figures and descriptions of the Paleozoic fossils of Cornwall, Devon and West Somerset. London, 1841. 232 p.

Pettijohn F. J. Sedimentary rocks (2 ed.). New York, 1957. 324 p.

Pia J. Grundbegriffe der Stratigraphie. Leipzig — Vienne, 1930. 253 S.

Rastall R. H. Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic: a geological disaster.— *Geol. Mag.*, 1944, vol. 81, pp. 159—165.

Renevier E. Chronographe geologique.— *Extrait du C. R. 6 ses. Congr. Geol. Intern.*, Zürich, 1884, pp. 521—584, 695.

Riedel W. R., Sanfilippo A. Radiolaria.— *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* 1970, vol. 4, pp. 503—574.

Rodgers J. The meaning of correlation.— *Amer. J. Sci.*, 1959, 257, pp. 684—691.

Rutot A. Les phénomènes de la sédimentation marine étudiés dans leurs rapports avec la stratigraphie régionale.—Bull. Mus. R. Hist. natur. Belgique, 1883, t. 2, N 1, 292 p.

Sacks V. N., Basov V. A., Dagis A. A. et al. Paleozoogeography of Boreal-Realm seas in Jurassic and Neocomian.—Arctic Geol. Mem. 19, Proc. Sec. Int. Symp. on Arctic Geology. Tulsa, Oklahoma, 1973, pp. 219—229.

Salfeld H. Die Gliederung des Oberen Jura in Nordwest Europa.—N. Jb. Miner., Geol., Paläontol., Beil. Bd., 32, 1914, S. 125—246.

Salfeld H. Über einige stratigraphisch wichtige und einige seltene Arten der Gattung Perisphinctes.—Über niedersächs. geol. Ver., Hannover, 1914, 7, S. 231—251.

Schenk H. G. Guiding principles in stratigraphy.—J. Geol. Soc. India, 1961, vol. 2, pp. 1—10.

Schenk H. G., Müller S. W. Stratigraphic terminology.—Bull. Geol. Soc. Amer., 1941, 52, N 9, pp. 1419—1426.

Schindewolf O. H. Comments on some stratigraphic terms.—Amer. J. Sci., 1957, vol. 255, N 6, pp. 394—399.

Schindewolf O. H. Stratigraphische Methodik und Terminologie.—Geol. Rundsch., 1960, 49, N 1, S. 1—35.

Schindewolf O. H. Stratigraphie und Stratotypus.—Abh. math.—naturwiss. Kl. Akad. Wiss. u. Liter., 1970, N 2, 236 S.

Schuchert Ch. The relations of stratigraphy and paleogeography to petroleum geology.—Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1919, N 3, pp. 286—298.

Scott G. Paleocological factors controlling the distribution and mode of life of Cretaceous Ammonoids in Texas area.—Paleontol., 1940, vol. 14, N 4, pp. 299—323.

Shaw A. B. Time in stratigraphy. New York—London, 1964. 365 p.

Simpson G. G. Holarctic mammalian faunas and continental relationships during the Cenozoic.—Bull. Geol. Soc. Amer., 1947, vol. 58, pp. 613—688.

Smith W. Strata identified by organized fossils. W. Arding, London, 1816, 32 p.

Smith W. Stratigraphical system of organized fossils with reference to the specimens of the original geological collection in the British Museum. London, 1817.

Spencer R. S., Rogers W. S. Reworked paleozoic fossils in pleistocene sediments of South-Eastern Virginia.—Bull. Geol. Soc., 1970, vol. 81, N 1, pp. 263—265.

Surlyk F., Birckelund T. An integrated stratigraphical study of fossil assemblages from the Maestrichtian White Chalk of North-western Europe.—In: Concepts and methods of biostratigraphy. Dowden, Hutchinson Inc. Stroudsburg, Pennsylvania, 1977, pp. 252—281.

Teichert C. Zone concept in stratigraphy.—Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1950, vol. 34, N 2, pp. 1585—1588.

Teichert C. Some biostratigraphical concepts.—Bull. Geol. Soc. Amer., 1958, vol. 69, N 1, pp. 99—120.

Teichert C., Kummel B. Permian-Triassic boundary of the Cape Stosch area, East Greenland.—Medd. om Greenland, 1976, Bd. 197, N 5, 49 S.

The Phanerozoic time-scale. London, 1964. 120 p.

Tozer E. T. Triassic time and ammonoids: Problems and proposals.—Canad. J. Earth Sci., 1971, vol. 8, N 8, pp. 989—1031.

Twenhofel W. H. Sedimentation and stratigraphy from modern point of view.—Paleontol., 1934, vol. 8, N 4, pp. 456—468.

Wagner R. H., Park R. K., Winkler-Prins G. F., Lyc M. The Post-Leonian Basin in Palencia: A report on the stratotype of the Cantabrian stage.—Symp. on Carboniferous Stratigr. Sp. Publ. Geol. Surv. of Prague, 1974, pp. 89—146.

Walter J. Einleitung in die geologie als historische Wissenschaft.—Beobachtungen über die Bildung der Gesteine und ihrer organischen Einschlüsse. Jena, 1893. Bd 1 — 389 S., Bd. 2 — 412 S.

Wedekind R. Über die Grundlagen und Methoden der Biostratigraphie. Berlin, 1916. 60 S.

Wedekind R. Kritische Bemerkungen zur Gliederung Silber Mitteldevon.—Z. Deutsche Geol. Gesellschaft, 1934, Bd. 86, S. 19—28.

Weller I. M. Stratigraphic principles and practice. New York, 1960. 806 p.

Wells J. W. Coral growth and geochronometry.—Nature, 1963, vol. 197, N. 4871, pp. 948—950.

Wendt J. Stratigraphische Kondensation in triadischen und jurassischen cephalopodenkalken der Tethys.—N. J. Geol. Paläontol. Mh., 1970 (7), S. 433—448.

Wheeler H. E., Beesley E. M. Critique of the time-stratigraphic concept.—Bull. Geol. Soc. Amer., 1948, 59, N 1, pp. 75—86.

Wiedmann J. Das problem stratigraphischer Grenzziehung und die Jura (Creide—Grenze).—Ecl. Geol. Helv., 1968, 61, 2, pp. 321—386.

Wiedmann J. Problems of stratigraphic classification and the definition of stratigraphic boundaries.—Newsl. Strat., 1970, vol. 1, N 1, p. 35—48.

Williams H. S. Dual nomenclature in geological classification.—J. Geol., 1894, vol. 2, pp. 145—160.

Young K. Biostratigraphy and the new paleontology.—Paleontol., 1960, vol. 34, N 2, pp. 347—358.

Zeiss A. Untersuchungen zur Paläontologie der Cephalopoden des Unter-Tithon der Südliten Frankenabb.—Abh. Bayer. Akad. Wiss., Math.—Nat. Kl., N. F., 1968, N 132, 190 S.

Ziegler A. M., Cocks L. R., Bambach R. K. The composition and structure of Lower Silurian marine communities.—Lethaia, 1968, N 1, pp. 1—27.

Ziegler B. Leitfossilien und Faziesfossilien. Viertelj.—Schr. naturforsch. Gesellsch. Zürich, 1963, Bd. 108, S. 217—242.

Ziegler B. Ammoniten Ökologie am Beispiel des Oberjura.—Geol. Rundschau, 1967, Bd. 56, S. 439—464.

Ziegler B. Grenzen der Biostratigraphie in Jura und Gedanken zur stratigraphischen Methodik.—Mem. B. R. G. M. France, 1971, N 75, pp. 35—67.

Ziegler B. Einführung in die Paläobiologie. Teil 1. Allgemeine Paläontologie. Stuttgart, 1972, 245 S.

Zittel K. Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. Jahrhundert. München—Leipzig, 1899.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	6
<b>1. Исторический обзор развития стратиграфии . . . . .</b>	<b>14</b>
1.1. Предыстория стратиграфии . . . . .	15
1.2. Становление геологии, возникновение стратиграфии и ранний период ее развития (вторая половина XVIII в.) . . . . .	15
1.3. Возникновение и развитие биостратиграфии в первой половине XIX в. (додарвинский этап) . . . . .	17
1.4. Развитие стратиграфии в период победы эволюционизма (вторая половина XIX в.) . . . . .	23
1.5. Новейший этап развития стратиграфии (XX в.) . . . . .	26
<b>2. Принципы стратиграфии . . . . .</b>	<b>30</b>
✓ 2.1. Принцип актуализма (принцип Ч. Лайеля) . . . . .	33
2.2. Принцип неполноты стратиграфической и палеонтологической летописи (принцип Ч. Дарвина) . . . . .	36
2.3. Принцип необратимости геологической и биологической эволюции . . . . .	44
2.4. Принцип объективной реальности и неповторимости стратиграфических подразделений . . . . .	46
✓ 2.5. Принцип последовательности образования геологических тел (принцип Н. Стеиона) . . . . .	48
✓ 2.6. Принцип возрастной миграции граничных поверхностей супракрустальных геологических тел (принцип Н. А. Головкинского) . . . . .	50
2.7. Принцип фациальной дифференциации разновозрастных отложений (принцип А. Грессли — Э. Реневье) . . . . .	53
2.8. Принцип биостратиграфического расчленения и корреляции (принцип В. Смита) . . . . .	55
— 2.9. Принцип палеонтологической сукцессии (принцип Жиро Сулави — В. Смита) . . . . .	59
<b>3. Время в стратиграфии . . . . .</b>	<b>61</b>
<b>4. Некоторые общие положения литологии и седиментологии . . . . .</b>	<b>69</b>
4.1. Классификация и распространение осадочных пород . . . . .	70
4.2. Слоистость . . . . .	74
4.3. Особенности накопления осадочных толщ. Несогласия и перерывы . . . . .	79
4.4. Формы тел осадочных пород . . . . .	88
4.5. Фацции . . . . .	93
4.6. Формации . . . . .	99
<b>5. Методы стратиграфии . . . . .</b>	<b>102</b>
5.1. Методы, основанные на вещественном составе пород, их физических и химических характеристиках и условиях залегания . . . . .	103
✓ 5.1.1. Литологический метод . . . . .	—

5.1.2. Каротаж скважин . . . . .	122
5.1.3. Ритмостратиграфия . . . . .	129
5.1.4. Тектоностратиграфические (диастрофические) методы . . . . .	137
5.1.5. Климатостратиграфия . . . . .	148
5.1.6. Радиологическая хронометрия . . . . .	150
5.1.7. Палеомагнитный метод . . . . .	159
✓ 5.2. Биостратиграфический метод . . . . .	166
5.2.1. Принципиальные основы палеонтологического метода в стратиграфии (исходные положения эволюционного учения и общей филогенетики) . . . . .	167
5.2.2. Распространение ископаемых остатков организмов в разрезе . . . . .	188
5.2.3. Значение отдельных групп ископаемых организмов для стратиграфии . . . . .	192
5.2.4. Биостратиграфическое расчленение разрезов . . . . .	203
5.2.5. Биостратиграфическая корреляция . . . . .	211
5.2.6. Биостратиграфическая датировка осадочных толщ . . . . .	252
5.2.7. Периодичность и этапность в развитии организмов и значение этих явлений для стратиграфии . . . . .	256
5.2.8. Экостратиграфия . . . . .	263
5.2.9. Случаи, осложняющие применение палеонтологического метода в стратиграфии . . . . .	264
6. Комплексное использование различных методов при стратиграфическом анализе . . . . .	316
Общие принципы установления границ и объемов стратиграфических подразделений . . . . .	—
8. Классификация и номенклатура стратиграфических подразделений . . . . .	327
8.1. Стратиграфическая классификация . . . . .	—
8.2. Литостратиграфические подразделения . . . . .	335
8.2.1. Свита . . . . .	—
8.2.2. Серия . . . . .	339
8.2.3. Литостратиграфические подразделения свободного пользования . . . . .	341
8.3. Биостратиграфические подразделения . . . . .	342
8.4. Хроностратиграфические подразделения . . . . .	355
8.4.1. Зона . . . . .	360
8.4.2. Ярус . . . . .	373
8.4.3. Отдел . . . . .	377
8.4.4. Система . . . . .	378
8.4.5. Эратема (группа) . . . . .	—
8.4.6. Эонотема . . . . .	380
9. Стратиграфические схемы, порядок выделения стратиграфических единиц и их номенклатура . . . . .	381
9.1. Типы стратиграфических схем . . . . .	—
9.2. Порядок установления новых стратиграфических подразделений. Стратотипы . . . . .	386
9.3. Названия стратиграфических подразделений . . . . .	389
9.4. О принципе приоритета и ревизии объема стратиграфических подразделений . . . . .	392
Заключение . . . . .	395
Список литературы . . . . .	401