Высшее профессиональное образование

В. А. Прозоровский

ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЯ

2-е издание

Учебник

Естественные науки

ACADEMA

ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

В. А. ПРОЗОРОВСКИЙ

ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЯ

Учебник
для студентов высших
учебных заведений

2-е издание, переработанное и дополненное

ACADEMA

Москва
Издательский центр «Академия»
2010

УДК 551.7(075.8)
ББК 26.33я73
П798

Рецензенты:
проф. *А. И. Киричкова* (Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт);
проф. *Е. Д. Михайлова* (Санкт-Петербургский государственный горный институт)

Прозоровский В. А.
П798 Общая стратиграфия : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В. А. Прозоровский. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 208 с.
ISBN 978-5-7695-6787-2

В учебнике рассмотрены место стратиграфии среди других геологических наук, основные этапы ее истории. Раскрыты основные понятия стратиграфии, их определения и рассмотрены возможные разночтения. Изложены применяемые в стратиграфии принципы: общегеологические, седиментологические и собственно стратиграфические. Дано описание современных методов с указанием возможностей использования каждого из них. Критически обсуждены правила стратиграфической классификации и терминологии из опубликованных в разные годы кодексов и руководств, проанализированы российские стратиграфические кодексы. (Первое издание вышло в 2003 г. под названием «Начала стратиграфии».)

Для студентов учреждений высшего профессионального образования.

УДК 551.7(075.8)
ББК 26.33я73

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

ISBN 978-5-7695-6787-2

© Прозоровский В. А., 2010
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2010
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2010

Предисловие автора

Предлагаемый читателям учебник «Общая стратиграфия» представляет собой расширенный и обновленный вариант учебника для геологических вузов «Начала стратиграфии», выпущенного издательством Санкт-Петербургского университета в 2003 г. Необходимость нового издания была вызвана следующими обстоятельствами: во-первых, тираж «Начал стратиграфии» составлял всего 200 экземпляров, в результате учебник разошелся в течение первого месяца после выхода.

Во-вторых, учебник многим очень понравился, и на него постоянно поступают заявки от специалистов разных геологических учреждений, вузов, студентов геологических специальностей и аспирантов.

В-третьих, за четыре года (с 2003 по 2007 гг.) в теории стратиграфии произошли важные события, существенно уточнившие, а иногда и изменившие традиционные представления: в 2004 г. состоялась XXXII сессия Международного геологического конгресса (МГК), на которой, в частности, Международная стратиграфическая комиссия (МКС) обнародовала очередной вариант Стандартной (Международной) стратиграфической шкалы (ССШ). Одновременно среди членов МГК был распространен доклад председателя Межведомственного стратиграфического комитета (МСК) России члена-корреспондента РАН А. И. Жамойды, содержащий ряд возражений решениям МКС и их обоснования, неоднократно обсуждавшихся на заседаниях МСК.

В-четвертых, вышло в свет третье издание Стратиграфического кодекса (СК) России (2006), предварительно тщательно обсуждаемое членами МСК, содержащее некоторые изменения в классификации и определениях стратиграфических понятий, а также новые их категории.

В-пятых, в течение 2003—2007 гг. были опубликованы несколько новых учебников и учебных пособий по стратиграфии и специальные монографии, анализ которых необходим для обоснования принципов предлагаемого учебника, поскольку его автор далеко не во всем согласен с новыми публикациями.

Наконец, сам автор сознает, что некоторые разделы учебника потребовали улучшения, особенно при изложении

материалов, касающихся геофизических (многое по ним заимствовано из учебника С. В. Лыюрова, подробно изложившего этот раздел), геохронометрических и некоторых других методов.

Все перечисленное объясняет необходимость подготовки настоящего издания, и его автор будет признателен всем, кто сочтет возможным откликнуться со своей критикой и замечаниями на эту публикацию.

В. А. Прозоровский

Предисловие ко второму изданию

Первое издание книги В. А. Прозоровского «Начала стратиграфии» разошлось очень быстро. Владимир Анатольевич начал подготовку рукописи второго издания, но, к сожалению, не успел — в августе 2007 г. его не стало. Остались черновики — критические заметки на полях первого издания и рукописные дополнения к нему.

Второе издание завершено учениками и коллегами В. А. Прозоровского — доцентами кафедры динамической и исторической геологии Санкт-Петербургского государственного университета В. В. Аркадьевым, И. Ю. Бугровой, П. В. Федоровым. Большую техническую помощь в подготовке книги оказала инженер кафедры Г. М. Гатаулина. В книге максимально сохранен авторский стиль В. А. Прозоровского, а исправления носили в основном стилистический и уточняющий характер.

Владимира Анатольевича отличало собственное видение многих положений стратиграфии, с которым далеко не все были согласны. Вместе с тем, представленный автором критический анализ стратиграфических понятий, на наш взгляд, одно из главных достоинств книги. Кроме того, за время, прошедшее после выхода первых «Начал стратиграфии» (2003), был опубликован новый «Стратиграфический кодекс России» (2006) и В. А. Прозоровский дополнил книгу новой главой, посвященной анализу этого кодекса.

Мы надеемся, что второе издание, как и первое, быстро найдет своих читателей.

В. В. Аркадьев, И. Ю. Бугрова, П. В. Федоров,
Г. М. Гатаулина

Стратиграфия как самостоятельная наука о первичных пространственно-временных соотношениях горных пород в земной коре зародилась в XVII в. Однако о различиях слоев в разрезах отдельных районов и о причинах подобных изменений задумывались, пытаясь объяснить их, еще древние греки. Так, уже Аристотель (Aristotle, 384—322 до н. э.) в IV в. до н. э. в своем трактате «О метеорологических вопросах» писал: «Одни и те же места не остаются всегда землею, либо всегда морем. Море приходит туда, где прежде была суша; суша вернется туда, где теперь мы видим море. Нужно при том думать, что эти изменения следуют одно за другим в известном порядке и представляют известную периодичность».

Античные мыслители правильно высказывались также о морском генезисе известняков и органической природе встречающихся в них раковин, и о других фактах.

Средневековье для Европы явилось этапом реакции, застоя научной мысли, обусловленного гнетом библейских догм, расцветом теологических воззрений и схоластики. В то же время в азиатских странах продолжался научный прогресс. В XI в. в трудах Ибн-Сины (Авиценна, Абу Али Хусейн ибн Абдаллах, 980—1037) и его современника Бируни содержатся вполне реалистические высказывания о последовательности геологических событий, происхождении осадочных пород и т. д.

С наступлением эпохи Возрождения в Европе (XV—XVI вв.) начинается расцвет культуры и науки, в частности естествознания. Гениальный Леонардо да Винчи (Leonardo da Vinci, 1452—1519), занимаясь проектированием и строительством каналов в Северной Италии, на основании своих наблюдений пришел к вполне современным выводам об образовании осадочных пород и возникновении окаменелостей. Он писал: «Арно (река — *В. П.*), стекая водопадом с Гольфолины (возвышенности — *В. П.*) близ Монте-Люпо (населенный пункт — *В. П.*), оставила гравийные наносы, которые и сейчас можно видеть сцементированными в плотную массу, с галькой из различных мест, разного состава и цвета, образующую сплошной конгломерат; несколько ниже, возле Кастель-Фьерентино (селение? — *В. П.*) отлагались пески и далее глинистые илы, в которых жили

двустворки; эти слои выходят на поверхность там, где бурные воды Арно впадают в море; время от времени уровень моря повышается, оставляя слои этих раковин — они видны возле Колле-Гонзоли (селения? — *В. П.*), в обрыве, промытом Арно».

Приведенные выше высказывания и многие другие источники выражают еще только догадки, хоть и гениальные. Наука же, как логично сформулированная отрасль определенных знаний, появилась несколько позже.

Основоположником стратиграфии и вообще научной геологии стал датский натуралист Нильс Стенсон[1] (Stenson, 1638 — 1686), больше известный как Николаус Стенон (Steno) — геолог, палеонтолог, кристаллограф, анатом, философ. Основные геологические выводы знаменитого датчанина изложены им в тезисах диссертации «О твердом, естественно содержащемся в твердом», опубликованной во Флоренции в 1669 г. И этот год стал годом рождения науки геологии и стратиграфии, в частности.

Что же столь важное открыл Н. Стенон? К. В. Симаков (1995) перечисляет: во-первых, он, в отличие от большинства современных ему натуралистов, использовал дедуктивный метод — до сих пор один из главных в геологии, обосновывая вначале «общую гипотезу», позволяющую найти принципиальное решение кардинальной проблемы (например, существование в любом породном теле признаков, объясняющих его происхождение). Затем, исходя из конкретных наблюдений, произвел выяснение генезиса и последовательности формирования определенного разреза («частная гипотеза», по К. В. Симакову). Наконец, на базе принятых гипотез реконструировал геологическую историю окрестностей Тосканы (Северная Италия), справедливую, по мнению К. В. Симакова, для всей Земли.

Во-вторых, Н. Стенон ввел понятие «ископаемые осадки» и открыл основной закон (или аксиому) стратиграфии: каждый слой (при нормальном залегании, добавлено позже) моложе подстилающего и древнее перекрывающего его слоя.

В-третьих, он пришел к заключению, что первоначальное залегание осадочных слоев практически горизонтально. Следовательно, современное наклонное или складчатое положение слоев — вторичное. Отсюда следует очень важный общегеологический вывод о непрерывно-прерывистом процессе формирования литосферы. Соответственно, выделенные Н. Стеноном в разрезе Тосканы три фазы накопления различались не только составом пород и окаменелостей, но и характером залегания. Самая молодая, верхняя фаза залегала горизонтально, а более древние — все более сложно. Разделялись фазы накопления периодами «обвалов и пещер», во время которых породообразование прекращалось из-за воздействия на слои каких-то

[1] Описанию жизни Н. Стенона и анализу его научной деятельности посвящено большое количество книг и статей. Наиболее подробный разбор геологических достижений Н. Стенона содержится в монографии К. В. Симакова (1995).

внешних сил, которые являлись основной причиной происхождения гор (цит. по: Симаков, 1995): «сильный толчок, сообщаемый слоям снизу доверху», либо «естественный обвал или разрушение гор». Следовательно, «все теперешние горы не существовали от начала мира... возможно, что горы опрокидывались... вершины гор поднимались и подвергались сжатию; Земля разверзалась и снова смыкалась».

В-четвертых, Н. Стенона можно считать основоположником представлений о циклическом ходе геологической истории, когда седиментация происходит преимущественно в водных условиях, которые затем сменяются поднятиями, осушающими поверхность. Предположив, что воды в каждый трансгрессивный этап различались, он подошел к выводу о необратимости процесса геологической истории.

Наконец, еще один очень важный тезис принадлежит Н. Стенону. Он писал, что «если в каменистом слое все частицы имеют одну и ту же природу и притом даже являются весьма тонкими, то нет основания отрицать, что этот слой образовался в эпоху творения из жидкости, которая в то время все покрывала». Другими словами, сходство состава пород определяло не только тождество их генезиса, но и единство времени. Признак, который до сих пор широко используется при корреляции.

Отмеченные выше основные достижения знаменитого датчанина свидетельствуют о высочайших заслугах его перед геологией, которые, к сожалению, даже в учебниках оцениваются слишком скромно. Он является основоположником историко-геологического направления в целом (Г. П. Леонов, 1972).

Н. Стенон произвел своей диссертацией настоящую революцию в естествознании. Она была столь грандиозной, что оценить свершения и дальше развивать их смогли только более 100 лет спустя. Лишь в 1883 г. участники Международного геологического конгресса (МГК) возложили на его могилу плиту с надписью: «Превосходнейший муж среди геологов».

Идеи Н. Стенона получили свое развитие в многочисленных небольших статьях горного директора Тосканы и Венеции, а затем профессора минералогии и металлургии в Венеции Дж. Ардуино (Arduino). Он во второй половине XVIII столетия разрез Северной Италии также разделил на три комплекса по «типам» гор, назвав их «первичными» (интенсивно складчатые стекловидные породы с рудами и без биофоссилий), «вторичными» (мраморы с многочисленными органическими остатками), «третичными» горами (холмы и равнины из песка, мергелей, глин с морскими окаменелостями и с обломками вторичных гор). Верхним членом подобной последовательности служили каменные горные выносы (пролювий в нынешней терминологии). Комплексы Дж. Ардуино примерно соответствуют современным палеозою, мезозою и палеогену, неогену и голоцену. Кроме того, независимо выделилась еще группа вулканических пород. Предложенная

конструкция представляла собой примитивную региональную стратиграфическую схему, составленную последовательностью четырех групп, различающихся составом горных пород, их структурой и палеонтологической характеристикой.

Г. П. Леонов считал, что статьями Дж. Ардуино заканчивается первый «итальянский» период разработки стратиграфической классификации, главным итогом которого следует считать обоснование неоднородного строения земной коры, отражающего этапы геологической истории Земли.

XVIII в. и особенно его вторая половина — время активной деятельности многих выдающихся естествоиспытателей, способствовавших становлению геологии как науки. Среди них следует отметить чрезвычайно важные теоретические исследования, заложившие принципиальную базу всестороннего изучения Земли.

Выдающийся французский ученый Ж. Л. Бюффон (Buffon, 1707 — 1788) в многотомной «Естественной истории» отмечал необходимость опираться на факты и объяснять их, основываясь на современных процессах. Тем самым он, вслед за Н. Стеноном, подчеркивал значение принципа актуализма. Восстанавливая геологическую историю Земли, Ж. Л. Бюффон анализировал изменения во времени геологических памятников, которые характеризовали семь эпох ее становления. Он первым попытался определить продолжительность существования Земли от момента происхождения. По произведенным расчетам и экспериментам она составляла 75 000 лет. Эпохи Ж. Л. Бюффона, соответствующие определенным состояниям Земли, сменяли друг друга постепенно, не отделяясь резкими границами. (Позже А. П. Карпинский (1847 — 1936) предложит идею «переходных слоев».) Одновременно эпохи служили и мерой времени, соответствующей каждому последовательному состоянию системы развития земной коры. Наконец, Ж. Л. Бюффон одним из первых считал органические остатки показателями относительного возраста вмещающих отложений.

Современником Ж. Л. Бюффона был другой великий ученый, наш соотечественник М. В. Ломоносов (1711 — 1765). Он внес огромный вклад в развитие и становление самых разных направлений российской науки, среди которых важное место занимала геология. Основная его геологическая работа названа «О слоях земных» (1763) и уже поэтому имеет отношение к стратиграфии.

М. В. Ломоносов считал слои результатом отложений в водных бассейнах, разнообразие состава и биофоссилий в которых зависит от палеогеографических условий седиментации. Он самостоятельно пришел к выводу о чрезвычайно большой длительности геологической истории. Для своих геологических исследований Ломоносов широко использовал принцип актуализма, однако последний не переходил в униформизм, ибо широко признавалась эволюция как геологических объектов, так и процессов, их формирующих.

Помимо опубликования теоретических обобщений во второй половине XVIII в. было проведено много региональных исследований, анализ которых привел к попытке создания универсальной стратиграфической шкалы. Базой для подобной деятельности стали герцинские массивы Центральной Германии.

В 1756 г. появилась работа немецкого ученого И. Г. Лемана (Lehman, 1700 — 1767), позже переехавшего в Россию и ставшего членом Петербургской Академии наук, — «Опыт восстановления истории флёцовых гор». В ней он предложил делить горные породы на жильные, «существующие от сотворения мира», и «флёцовые» — слоистые, сформировавшиеся в результате Всемирного потопа. Кроме того, группа рыхлых пород рассматривалась как образовавшаяся после потопа из-за землетрясений, вулканических извержений, наводнений и др. Флёцовые породы юго-западных предгорий гор Гарца (верхний карбон-пермь и четвертичные отложения) И. Г. Леман разделил на 30 формаций, каждая из которых представляла собой «последовательность слоев, возникших непосредственно друг за другом при сходных условиях и представляющих эпоху в истории Земли» (Lehman, 1756; цит. по: Симаков, 1995). Однако, считая, что все формации накопились в течение одного потопа, достичь корреляции их не удалось. Тем не менее, геология, благодаря И. Г. Леману, обогатилась термином «*формация*», чрезвычайно популярным (и дискуссионным) до сих пор.

Г. Х. Фюксель (Fuchsel, 1722 — 1773) в своей работе «История Земли и моря, установленная по истории Тюрингских гор» (Histories Terrae..., 1761) гораздо более четко отразил соответствие породных объединений определенным временны́м интервалам. Он также использовал термин «формация», понимая под ним общность происхождения толщи флёцевых пород. Основная заслуга Г. Х. Фюкселя перед стратиграфией заключается в том, что он впервые предложил иерархию стратиграфических подразделений и ввел двойную номенклатуру для стратиграфических и геохронологических единиц.

Разрез (триасовой системы) Тюрингии Г. Х. Фюксель разделил на девять серий, шесть из которых, в свою очередь, расчленил на подчиненные им статументы, объединяющие литологически и палеонтологически сходные слои. При этом объединение статументов в серии контролировалось характером образа жизни вымерших организмов (континентальных или морских). Стратиграфическим подразделениям соответствовали хронологические:

серии — секулы
статументы — луструмы.

Очень важно, что те и другие имели одинаковые названия. Такой подход сохранился до настоящего времени.

Наиболее известным представителем направления, которое считало, что геология каждого района выражает все глобальные законо-

мерности, был профессор Фрайбургской горной академии А. Г. Вернер (Werner, 1749 — 1817). Чрезвычайно популярные лекции Вернера создали научную школу нептунизма (по имени бога морей и вод Нептуна в римской мифологии). Эта школа большинство горных пород объясняла формированием в результате осаждения в море. А. Г. Вернер в разрезе Тюрингии и Саксонии выделил четыре группы образований: первозданных, переходных, флёцовых и намывных. Основные группы разделялись на более частные стратиграфические подразделения, названные «горными породами», различающимися своим петрографическим составом. Формирование геологического разреза центральной части Западной Германии отражало постоянную (цикличную!) смену потопов (эпох накопления горизонтально лежащих слоев) и воздыманий (прекращающих породообразование и нарушающих залегание пород). Так как каждый потоп оставлял особую горную породу, то седиментация шла необратимо и непрерывно-прерывисто. Основная ошибка А. Г. Вернера заключалась в том, что единицам конкретного региона он придавал универсальное значение. В то же время он разработал принципы классификации горных пород — основу современных петрографии и литологии.

Параллельно А. Г. Вернеру Дж. Геттон (Hutton, 1726 — 1797) в Великобритании признавал ведущим породообразующим процессом магматический. При этом он делил земную кору на «первичные» и «вторичные» слои (позже, примерно палеозой и мезозой) и отмечал колоссальную продолжительность геологической истории Земли. Его ученики и последователи создали школу плутонистов (Плутон — бог подземного царства в древнегреческой мифологии).

Активная борьба представителей нептунистов и плутонистов, несмотря на ошибочность обеих гипотез, обеспечила прогресс геологии в XIX в. В не столь явной форме она продолжается до сих пор.

Таким образом, первые этапы развития стратиграфии как науки характеризовались созданием ее принципов и построением первых общих стратиграфических схем. Основу их составляли петрографо-литологические различия породных комплексов и наблюдавшаяся или предполагавшаяся их последовательность.

На рубеже XVIII и XIX вв. почти одновременно В. Смит (Smith, 1769 — 1839) в Англии и Ж. Кювье (Cuvier, 1769 — 1832) и Ал. Броньяр (Brongniart, 1770 — 1847) во Франции независимо друг от друга создали биостратиграфический метод. В. Смит в 1796 г., наблюдая геологическое строение в окрестностях г. Бата, обратил внимание «на тот удивительный порядок и закономерность, с которой природа расположила эти необычные произведения (органические остатки — *В. П.*), предоставив каждому их классу определенный слой» (цит. по: Симаков, 1995). Позже, обнаружив единообразную последовательность в различных частях Великобритании, В. Смит сформулировал свой закон, или принцип: «*одни и те же слои всегда находятся в одном и том же порядке последовательности и содержат одина-*

ковые ископаемые органические остатки» (цит. по: Симаков, 1995; выделено мною — *В. П.*). Иными словами, породы, содержащие одинаковые *руководящие формы*, одновозрастны. (Понятие «руководящие формы» также принадлежит В. Смиту.) На основании различных биофоссилий в разрезе (юры и нижнего мела) Юго-востока Англии В. Смиту удалось выделить 40 формаций, изображение которых на плане образовало первую геологическую карту, построенную подобным способом. Несколько позже, в 1817 г., В. Смит опубликовал свою знаменитую таблицу (Smith, 1817), впервые употребив термин «стратиграфия».

Ж. Кювье и Ал. Броньяр в окрестностях Парижа установили девять формаций, различающихся составом окаменелостей и вмещающих горных пород. Однако если В. Смит лишь констатировал наличие обнаруженного им порядка, не пытаясь объяснить причину подобного явления, то Ж. Кювье и Ал. Броньяр, напротив, стремились его объяснить. Именно это обстоятельство позволяет первого считать родоначальником биостратиграфии, а двух других — палеонтологии. Следует отметить, что подобное методическое различие сохранилось до наших дней, хотя и не в столь очевидной форме.

Значение сделанного открытия трудно переоценить. До сих пор именно биостратиграфический метод остается основным в стратиграфии. И это было оценено его современниками. Недаром В. Смит получил почетное прозвище Страта-Смит и в 1831 г. был награжден 1-й Волластоновской медалью Британской Академии наук. Этот метод является «палеобиологическими часами», конструкцию которых совершенствуют до сих пор. Именно он лег в основу создания общей стратиграфической шкалы (ОСШ) фанерозоя, созданной в течение «золотого двадцатилетия» геологии — с 1822 по 1841 гг.[1] Тем не менее, предполагая обязательную универсальность метода, его авторы недоучитывали географических закономерностей распространения органических остатков и фациального влияния, в результате чего делалось много, часто крупных, ошибок.

В 1850 г. французский ученый А. д'Орбиньи (d'Orbigny, 1802—1857) предложил разделять системы на ярусы: «Полный ярус должен объединять совокупность наземных и морских организмов, развивавшихся подобно тому, как это имеет место в настоящее время, и представляющих собой целую эпоху» (цит. по: Симаков, 1995). Ярус становится важнейшим стратиграфическим понятием. Однако, устанавливая ярусы, А. д'Орбиньи исходил из катастрофических представлений, полагая, что каждый ярус формируется в течение спокойного состояния планеты. Этот этап прерывается эпохами гло-

[1] Меловая и каменноугольные системы установлены в 1822 г., четвертичная — в 1829, третичная — в 1833, триасовая — в 1834, силурийская — в 1835, кембрийская — в 1836, палеозойская эратема — в 1838, девонская система — в 1839, мезозойская и кайнозойская эратемы — в 1840 г., пермская система — в 1841 г. И только юрская была выделена раньше — в 1795 г., а ордовикская позже — в 1879 г.

бальных катастроф, одновременно и мгновенно проявляющихся во Вселенной: «...двадцать семь раз отдельные акты творения последовательно заселяли Землю новыми растениями и животными вслед за каждым геологическим переворотом, который уничтожал все в живой природе. Таков факт, факт несомненный, но непостижимый, который мы устанавливаем, не пытаясь проникнуть в сверхчеловеческую тайну, его окружающую» (d'Orbigny, 1852; цит. по: Симаков, 1995, с. 46). Соответственно, интервалы разреза, выражающие ярус, одинаковы в любой части земной коры. Подобные утверждения привели к определению стратиграфического положения любой толщи в земной коре через сравнение со стратотипами, которые признавались эталонами каждого яруса. С другой стороны, формулировка А. д'Орбиньи до сих пор позволяет рассматривать ярус прежде всего как биостратиграфическое подразделение, определяемое через набор типичных биофоссилий, и ставит знак равенства между интервалом разреза и временем его формирования (или между ярусом и веком).

Помимо понятия «ярус» А. д'Орбиньи ввел в обиход еще один важный термин — «зона». Он считал, что это хронологическое подразделение, характеризующееся определенным видом ископаемых, выбранным из наиболее часто встречающихся в данном ярусе из-за его широкого географического и фациального распространения и стратиграфически приуроченного к определенному ярусу или его части (Степанов, Месежников, 1979). Таким образом, между понятиями «ярус» и «зона» в толковании А. д'Орбиньи практически не было разницы, и они могли служить синонимами.

Несколько позже, в 1856—1858 гг., немецкий палеонтолог А. Оппель (Oppel, 1831—1865) развил и конкретизировал термин «зона», сделав его одним из важнейших в стратиграфии. Это наиболее дробная стратиграфическая единица, выделяемая и прослеживаемая на достаточно обширной территории на основе палеонтологических данных. Это также горизонт, который маркируется некоторым числом постоянных для него видов. Разрез юрской системы Западной Европы был разделен А. Оппелем на 29 зон. А. Оппель, к сожалению, недостаточно определенно сформулировал само понятие. В результате зона некоторыми исследователями используется как стратиграфическое подразделение (т. е. как породы, содержащие представителей зонального комплекса), другими же — как хронологическое (соответствующее времени существования зональных таксонов). В дальнейшем это обстоятельство послужило основанием для ожесточенных дискуссий, продолжающихся и в настоящее время.

Тем не менее, результаты деятельности А. д'Орбиньи и А. Оппеля показали огромные возможности биостратиграфического метода в дробном расчленении геологического разреза и широком прослеживании его по площади. Подобные исследования существенно детализировали варианты ОСШ фанерозоя, предлагавшиеся У. Конибиром (Conybeare, 1787—1857) и Ф. Филлипсом (Phillips, 1800—1874), (1822),

А. д'Омалиусом д'Аллуа (d'Omalius d'Hallua, 1783—1875), (1831) и др. Последние предопределили успех трудов Ч. Дарвина (Darwin, 1809—1882) и его знаменитого труда «Происхождение видов» (1859), который подвел теоретическую базу под биостратиграфический метод.

Успехи, достигнутые в разработке теории стратиграфии к середине XIX в., все же не обеспечивали наличие общепризнанной понятийной ее базы. Стратиграфическая классификация создавалась стихийно, по-разному различными авторами. Поэтому и сама терминология, и содержание стратиграфических единиц, а также критерии их фиксации и обоснования границ понимались неоднозначно, вызывая оживленные дискуссии и потому непонимание одних предложений другими специалистами. Расширение же геологических исследований и начало проведения геологической съемки на обширных территориях требовали выработки общего языка.

Данное обстоятельство выразилось в том, что уже первый Международный геологический конгресс (МГК), собравшийся в 1878 г. в Париже, создал комиссию для разработки проекта унификации стратиграфической и геохронологической терминологии во главе с М. Эбером (Hebert) (Франция) и секретарем Ж. Девальком (Dewalque) (Бельгия). Комиссия состояла из 12 членов, каждый из которых возглавлял свою национальную подкомиссию. Россия делегировала в комиссию члена-корреспондента Петербургской Академии наук заведующего кафедрой геологии Петербургского университета А. А. Иностранцева (1843—1919), а в его подкомиссию входили Ф. Ф. Шмидт, В. А. Мёллер, А. П. Карпинский, И. И. Антонович, И. В. Мушкетов, В. В. Докучаев — почти весь цвет отечественной геологии.

Второму МГК (Болонья, 1881) разные подкомиссии представили семь проектов классификаций. Одобрение получило российское предложение. В результате второй МГК утвердил следующие термины: «минеральные массы» — элементы, слагающие земную кору; среди них — «горные породы» (в отношении их состава) и «формации» (с генетической точки зрения). Специально было оговорено, что формации не должны включать понятие о возрасте и их стратиграфическом положении. Геохронологические и стратиграфические понятия были приняты в виде рангово-соподчиненных систем, причем каждой единице одной из них соответствует одноранговое подразделение другой:

ОГШ[1]		ОСШ[2]
Период	—	Система
Эпоха	—	Отдел
Век	—	Ярус
?	—	Слои

[1] Общая геохронологическая шкала.
[2] Общая стратиграфическая шкала.

Несколько раньше, вслед за Г. Ф. Фюкселем, подобную двойную номенклатуру разработал швейцарец Э. Реневье (Renevier, 1831 — 1906).

Принятая вторым МГК стратиграфическая классификация отражала точку зрения полного соответствия стратиграфических и геохронологических подразделений, выражающих естественные этапы геологической истории, и потому стратоны могли обосновываться комплексно (совпадающими палеонтологическими, седиментационными, палеогеографическими и тектоническими особенностями). В стратиграфии эта позиция, разработанная преимущественно трудами специалистов из стран Европы, стала называться *европейской стратиграфической школой*, или концепцией *единства стратиграфии* (Жамойда, 1996). Почти одновременно появилось альтернативное направление в стратиграфии. Основоположником его стал американец Г. С. Вильямс (Williams), который в 1894 г. писал о категорическом несоответствии глобальных временных подразделений и многочисленных местных или региональных стратонов. Первые имеют изохронные границы, основаны на сравнении со специально избранными стратотипами и выражают эволюцию органического мира. Вторые диахронны, соответствуют конкретным породным последовательностям и «может существовать столько формаций, сколько существует изученных разрезов стратифицированных пород» (цит. по: К. В. Симаков, 1995). Так появилась «*американская стратиграфическая школа*» с основным стратиграфическим понятием «формация», или концепция «*множественных стратиграфий*» (А. И. Жамойда, 1996), активно дискутирующая с европейской школой до настоящего времени.

Э. Реневье возглавил новую комиссию по унификации стратиграфической терминологии и номенклатуре, избранную седьмым МГК (Петербург, 1897). Она состояла из восьми основных членов, в число которых от России вошел Ф. Н. Чернышев (1856 — 1914), и 22 консультативных членов, в которые от нашей страны были включены А. П. Карпинский и С. Н. Никитин (1851 — 1909).

По инициативе Ф. Н. Чернышева и А. П. Карпинского российская комиссия, обсудив вновь стратиграфические решения второго МГК, вынесла предстоящему МГК резолюции, основными среди которых были: 1) необходимость сохранения «исторического подхода» (принцип приоритета, устанавливаемый по дате публикации) и одновременного продолжения поисков перехода от него к все более естественному делению; 2) необходимость четкого и всестороннего обоснования новых стратиграфических терминов, основанных на определенной площади, а не на одном разрезе, и сохранения первичных названий; 3) недопустимость использования названий, применимых к понятию (объекту) в определенном смысле, в другом смысле; 4) подчеркивалось преимущество палеонтологических признаков для малых подразделений.

Восьмой МГК (Париж, 1900) утвердил резолюции комиссии и решил различать стратоны и геохроны по их пространственному распространению:

ОГШ		ОСШ
Мировые: Эра	—	Группа
период	—	система
эпоха	—	серия (отдел)
Региональные: век	—	ярус
Локальные: фаза?	—	слои (подъярус)

Решения второго и восьмого МГК в основном касались только вопросов соподчиненности, географического распространения, терминологии, порядка выбора терминов и правил использования названий основных единиц геохронологических и стратиграфических шкал. Сами же понятийно-геологическая основа их, принципы и критерии выделения, внутреннее содержание терминов не получили на этих сессиях должного освещения. С. Н. Никитин и Ф. Н. Чернышев (1889) писали, что МГК изначально допустил ошибку «первостепенной важности: не выяснена точка зрения членов конгресса на самую основу и принцип геологической классификации». В результате острая дискуссия по этой проблеме, то разгораясь, то затухая, продолжается до сих пор.

В самом начале XX в. появилась концепция диастрофизма, основоположником которой стал американец Т. Ч. Чемберлен (Chamberlin, 1843 — 1928). Он рассматривал тектономагматические диастрофические циклы как отчетливые этапы развития земной коры, синхронные для всей Земли. В 1909 г. он писал: «...диастрофизм представляет собой основу как стратиграфического развития, так и эволюции органического мира... Следовательно, они являются определяющим фактором корреляции» (цит. по: Симаков, 1995). Наиболее важными для сопоставления являются трансгрессивные серии, а границы этапов (стратонов) соответствуют «прямоугольным диастрофическим стадиям» (или поверхностям структурных несогласий).

Подобные представления были поддержаны многими крупными учеными: Х. В. Грабау (Grabau), А. А. Борисяком, Н. М. Страховым и многими другими. Эта концепция получила свое воплощение в инструкциях Межведомственного стратиграфического комитета (МСК) СССР 1954 г. и особенно 1965 г. Популярность такого подхода вполне объяснима. С одной стороны, она отражает взаимосвязь различных геологических процессов и создает иллюзию полной взаимозависимости конкретности выражения этапов геологической истории участка, большого региона, всей планеты. С другой стороны, соответствие границ стратонов резким, легко узнаваемым в обнажениях и керне рубежам смены пород или характера залегания слоев позволяет реально картировать их, и коррелировать по самым разным признакам.

Эта концепция сохранилась в виде признания комплексности обоснования основных стратиграфических подразделений в Стратиграфическом кодексе (СК) СССР (1977), а затем России (1992, 2006).

Популярности комплексного обоснования стратиграфических единиц способствовало также появление в 20-х гг. прошлого столетия знаменитого канона орогенических фаз Г. Штилле (Stille, 1876—1967), долгое время не признававшегося большинством специалистов и в настоящее время вновь обретшего своих сторонников (В. Е. Хаин и др., 1977; В. Е. Хаин и др., 1988—1993; и др.).

Достаточно общий характер положений, принятых на втором, седьмом и восьмом МГК, требовал их конкретизации, так же как и установления процедур, номенклатурных и классификационных правил. Вначале эта деятельность сосредоточилась в пределах геологических служб отдельных государств, практические нужды которых требовали определенной стандартизации. В 1930 г. в США создается Объединенный комитет по стратиграфической номенклатуре, который в 1933 г. предложил первый стратиграфический кодекс. Принятая стратиграфическая классификация представляла собой единую систему единиц двойной (временно-стратиграфической) номенклатуры от планетарного до локального значения:

Эра	—	
Период	—	Система
Эпоха	—	Отдел
Время (?)	—	Формация
Пласт	—	Слой

В данной последовательности отсутствовал ярус, что сразу же вызвало ожесточенную дискуссию и в североамериканской общественности. Но, может быть, самая важная особенность классификации — признание в качестве важнейшего стратона регионального значения формации. Это противоречило решению второго МГК, по которому формация не должна была включать понятие о возрасте. Тем не менее с 1933 г. этот термин до сих пор отличает (и можно сказать во многом определяет) американский подход к стратиграфии.

В то же время в представлениях европейских стратиграфов понятие «ярус» занимало одно из важнейших мест. В отечественной геологии оно утвердилось со второй половины XIX в. как основной стратон регионального значения, подчиненный отделу и системе. (Географический критерий в исследованиях российских стратиграфов до настоящего времени признается одним из основных.) Самое четкое определение яруса было дано А. П. Карпинским (1889, 1891). Это «...наиболее крупное из тех подразделений, которые имеют лишь местное значение..., ни один из них не может представляться универсальным...». В таком смысле определение было принято восьмым МГК и вошло в учебники Э. Ога (Haoug), А. А. Борисяка, А. В. Грабау,

К. Динера (Diner) и др. Оно сохранило своих сторонников до сих пор. В результате на территории Евразии было выделено много новых, часто местных ярусов: скальский, касимовский, уфимский, лузитанский, волжский, пурбекский, рязанский и др.

Вместе с тем успехи корреляции уже в конце 30-х годов XX в. привели к двойственному пониманию яруса как регионального, так и глобального значения (А. Н. Криштофович, 1939, 1945; Д. Л. Степанов, 1939, 1951; Б. Н. Келлер, 1950; и др.). Начиная же с 1965 г. в нашей стране ярус официально занял место в ОСШ.

Определенной реакцией на дискуссию о ярусе явилась статья Х. Г. Шенка и С. У. Мюллера (Schenck, Muller, 1941), сыгравшая важную роль в истории стратиграфии. В ней развиваются идеи американской школы и впервые предлагается использовать три независимые или слабозависимые категории стратиграфических подразделений:

Геохронологические (временные)	**Хроностратиграфические (временно-стратиграфические)**	**Литостратиграфические (литогенетические, картографические)**
Эра	—	Группа
Период	Система	Формация
Эпоха	Отдел	Пачка, линза, клин
Век	Ярус	Слои
—	Зона	Слой, пласт, прослой

Категория временно-стратиграфических единиц по сути своей является биостратиграфической. В дальнейшем развитие стратиграфии пошло по пути выделения множества категорий стратонов, количество которых все возрастает.

В то же время, в конце 1930-х — начале 1940-х годов, американские биостратиграфы предлагают выделять самостоятельную категорию собственно биостратонов (Tomplinson, 1940) на основании исследований С. С. Бакмана (Buckman), К. Динера (Diener), В. Д. Аркелла (Arkell), Р. Ведекинда (Wedekind) и др.

В 1946 г. в США была учреждена Американская комиссия по стратиграфической номенклатуре, объединившая представителей всех геологических служб страны во главе с видным геологом Р. Муром (Moor). Она ставила своей задачей разработку принципов стратиграфии, принятие правил в области классификации и номенклатуры стратонов, а также рекомендаций по изменению этих правил. Р. Мур предложил составить новый СК на основе предложений Х. Г. Шенка и С. У. Мюллера. В том же 1946 г. В. Аркелл высказал идею создания Международного СК, аналогичного кодексу зоологической номенклатуры. Плодотворность этой идеи очевидна, однако время показало практическую неосуществимость данного предложения.

Завершение Второй мировой войны создало условия для объединения геологов разных стран в осуществлении международных проектов по подготовке геологических и других специальных карт континентов, всего земного шара и др. Для них необходимы были согласованные легенды, и на девятом МГК (Алжир, 1952) вновь вернулись к рассмотрению проблем стратиграфической классификации и номенклатуры. Была образована новая Международная подкомиссия по стратиграфической терминологии (МКС) во главе с выдающимся стратиграфом современности Х. Д. Хедбергом (Hedberg, 1903 — 1988). Долгое время, возглавляя эту подкомиссию, Х. Д. Хедберг с неиссякаемой энергией и настойчивостью развивал идеи существования «множественных независимых стратиграфий» (А. И. Жамойда, 1996), отражающие объективно существующую возможность неоднозначного расчленения одних и тех же толщ горных пород на реальные части в соответствии с выбранным признаком. При этом лито- и биостратиграфические подразделения (а также другие единицы, основанные на непосредственно наблюдаемых особенностях) признавались объективными, а хроностратиграфические (выделяемые по корреляции с эталонами) — субъективными, искусственными. Резко против предложения Х. Д. Хедберга вначале выступили стратиграфы многих стран Западной Европы, Южной Африки и государств социалистического лагеря во главе с СССР.

Конец 40-х и 50-е гг. XX в. стали временем активнейшей геологической деятельности, особенно в государствах, пострадавших от последствий Второй мировой войны. В частности, по всей территории нашей страны развернулись геолого-съемочные и поисковые работы, настоятельно требовавшие дееспособной стратиграфии. В 1954 г. стратиграфическая комиссия ВСЕГЕИ (Всесоюзного, позже Всероссийского геологического института) под редакцией Л. С. Либровича издает брошюру «Стратиграфические и геохронологические подразделения (их принципы, содержание, терминология и правила применения)», впервые в стране обобщившую разрозненные материалы отдельных авторов и предложившую общие правила и процедуры пользования стратиграфическими понятиями. Принципиально комиссия следовала решениям второго и восьмого МГК, рассматривая каждый стратон как отражение естественного историко-геологического этапа развития земной коры. В зависимости от масштабов проявления данного этапа выделялись разные подразделения (табл. 1.1).

В 1955 г. образован Межведомственный стратиграфический комитет (МСК) СССР под председательством акад. Д. В. Наливкина (с 1976 г. председателем стал академик Б. С. Соколов, с 1988 г. — член-корреспондент РАН А. И. Жамойда). Основной целью МСК стала организация стратиграфической службы страны и прежде всего обеспечение базы геологосъемочных и картосоставительских работ. Комитет объединяет стратиграфические комиссии по нижнему и

Таблица 1.1

Стратиграфические и геохронологические подразделения

Шкалы и вспомогательные подразделения	Стратиграфические подразделения	Геохронологические подразделения
Общая (международная) шкала	Группа Система Отдел	Эра Период Эпоха
Провинциальная шкала	Ярус Зона	Век Время
Местная (региональная) шкала	Серия, свита Подсвита	Время (для каждого подразделения)
Вспомогательные подразделения	Подгруппа, подсистема, подотдел, подъярус, подзона, слои, местная зона, горизонт, биозона	Время (для каждого подразделения) Биохрон

верхнему докембрию, по всем системам фанерозоя, по стратиграфической классификации, терминологии и номенклатуре, по стратиграфическим схемам, по геохронологии, по изучению опорных разрезов, по стратиграфии шельфов, а также ряд региональных комиссий.

В 1965 г. МСК публикует брошюру «Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура», которая так же, как издание 1954 г., являлась по сути своей советским СК, регламентирующим стратиграфические работы в стране. Редактором и основным автором первой методологической (теоретической) части инструкции был А. П. Ротай. В ней провозглашались естественность и комплексность обоснования всех стратонов, объединенных единой стратиграфической шкалой, каждый ранг которой соответствовал роли этапа в ходе геологической истории Земли. Инструкция состояла из пяти рангово-соподчиненных терминов — стратонов и хронов:

Группа — Эра
Система — Период
Отдел — Эпоха
Ярус — Век
Зона — Время (фаза)

Все остальные подразделения (серия, свита, пачка, горизонт, слои) признавались вспомогательными региональными и подлежали замене после достижения корреляции их с единицами единой шкалы.

Однако если брошюра 1954 г. удовлетворяла практике геологической съемки мелкого и среднего масштабов, осуществляемой в то время, то новое издание появилось в период широкого развития

крупномасштабных исследований. Результаты последних все чаще вступали в противоречия с требованиями МСК, подчеркивая их искусственность и несоответствие реальному поведению геологических тел в разрезе земной коры. Потому в 1968 г. в МСК создается комиссия по составлению СК СССР в составе О. П. Ковалевского, А. И. Моисеевой, В. И. Яркина под председательством А. И. Жамойды.

В 1961 г. появился новый СК США, текст которого, в общем, соответствовал предложениям Х. Д. Хедберга. Параллельно за сравнительно небольшой промежуток времени (50-е — 60-е гг.) СК появились во многих странах, но большинство из них достаточно четко отражает влияние одной из альтернативных тенденций: «американской» следовали СК США (1961), Австралии (1959), Норвегии (1961), Пакистана (1962), Новой Зеландии (1967) и некоторые другие; «европейской» — СК Чехословакии (1960), Франции (1962), КНР (1965), ЮАР (1965), Англии (1967) и некоторые другие.

В это же время публикуется целый ряд книг и статей, развивающих теорию стратиграфии и оказавших более или менее серьезное влияние на ее развитие. Среди них надо отметить работы Д. Л. Степанова «Принципы и методы биостратиграфических исследований» (1958), К. Данбара и Дж. Роджерса «Основы стратиграфии» (1962), Т. Г. Николова «Биостратиграфия» (1977), многочисленные статьи В. И. Бодылевского, В. В. Меннера, М. С. Месежникова, А. И. Жамойды, Б. С. Соколова, Б. М. Келлера, Л. Л. Халфина, О. Шиндевольфа, А. М. Садыкова и многих других. Все они были посвящены общим вопросам науки и более или менее серьезно участвовали в дискуссии сторонников «американской» и «европейской» концепций.

Кроме собственной стратиграфической теории специалисты разных стран пытались решать конкретные вопросы объема и состава подразделений ОСШ и положения их границ. Именно в эти годы широко развернулись исследования по уточнению и конкретизации ОСШ, оказавшие большое влияние на теорию стратиграфии. Особо следует отметить разработку проблемы границы силурийской и девонской систем. Она проводилась большим международным коллективом специалистов по стратиграфии и палеонтологии обеих систем на протяжении 14 лет (с 1958 по 1972 гг.) на основании переизучения практически всех представительных разрезов пограничных отложений и эволюции различных групп биофоссилий. В результате граница была установлена соглашением большинства участников исследований как точка в слое 20 (мощностью 7 — 10 см) разреза Клонка близ Праги, чуть ниже слоя с многочисленными остатками граптолитов *Monograptus uniformis*. Этот вывод был утвержден 24-м МГК (Монреаль, 1972). Так был создан прецедент согласованного выбора глобального стратотипа стратиграфической границы — «точки глобального стратотипа стратиграфической границы» (ТГСГ), — Global Stratotype Section and Point CGSSP, который ныне МКС признан ведущим способом для определения рубежей ОСШ.

В 1976 г. был опубликован Международный стратиграфический справочник (МСС) под редакцией Х. Д. Хедберга. В нем содержались основные аспекты классификации и номенклатуры с позиций тенденции «множественных стратиграфий» («американская школа»). При обсуждении рукопись была одобрена 84 голосами членов МКС и различных объединений, принадлежащих представителям всех континентов, с явным преобладанием европейцев, и только три голоса были против (два — СССР, один — ФРГ).

В нашей стране наиболее значительной вехой следует считать 1977 г. — год публикации первого издания СК СССР, вышедшего под редакцией А. И. Жамойды. Появлению данного документа предшествовала длительная работа членов специальной комиссии МСК, активное обсуждение двух проектов СК (1970, 1974) и ряд бурных дискуссий. Первый отечественный СК существенно отличался от своих предшественников, хотя и сохранил верность принципам «европейской школы» (тенденции «единства стратиграфии»). Принципиальными особенностями его стали: определенное сближение с альтернативной тенденцией, отказ от единой стратиграфической шкалы, признание самостоятельности и независимости общих, региональных и местных стратонов.

Подготовка и обсуждение СК 1977 г. еще больше активизировали исследования по данной проблеме. В результате появилось несколько крупных монографий, посвященных теории науки (С. В. Мейен. «Введение в теорию стратиграфии» (1989); Г. П. Леонов. «Основы стратиграфии»: в 2 т. (1973, 1974); Д. Л. Степанов, М. С. Месежников «Общая стратиграфия (принципы и методы стратиграфических исследований)» (1979)), и множество специальных статей. В этот же период стратиграфические задачи все шире стали решаться нетрадиционными методами, количество которых постоянно возрастало, такими как сейсмостратиграфический, палеомагнитный, климатостратиграфический, хемостратиграфический и др. Получают свое развитие и ныне чрезвычайно популярные, так называемые событийный и секвенстратиграфический методы.

В 1983 г. вышел в свет новый СК США. Он сохранил свою приверженность концепции «множественных стратиграфий», существенно расширив количество категорий стратиграфических подразделений. Все они делятся на два класса материальных подразделений, основанных на присущих им физических свойствах или качествах, которые признаются основными, ведущими. Второй класс охватывает единицы, различаемые по геологическому времени.

В 1992 г. появилось и второе издание СК России, основанное на СК СССР 1977 г. Оно так же, как и СК США, сохранило свою принципиальную базу и содержало значительно более расширенный состав категорий и видов стратонов.

Активно продолжалась и деятельность МКС. В 1994 г. под редакцией ее председателя, профессора Техасского университета А. Саль-

вадора (Salvador) вышло второе издание Международного руководства (справочника) по стратиграфии. В отличие от первого издания, в нем рассматриваются породные тела любого генезиса (а не только сформировавшиеся седиментационным процессом), а также несколько сокращено количество категорий стратонов.

Несколько раньше, в журнале Episodes (1999, Vol. 22, N 4) под редакцией М. Мёрфи (M. Murphy) и А. Сальвадора (A. Salvador) была опубликована краткая версия второго издания «Руководства», переведенного в 2008 г. на русский язык под редакцией Ю. Б. Гладенкова. Она отличается четкостью и лаконичностью изложения и потому особенно полезна геологам-практикам.

Весьма популярная так называемая «событийная стратиграфия» отражает представления ее идеолога О. Валлизера (Walliser, 1996), который считает, что основу корреляции разрезов в пределах участков, регионов и всей земной коры составляют относительно кратковременные процессы, проявляющиеся в определенных признаках, присущих горным породам. Эти процессы объясняют соответствие во времени (или несоответствие) одних стратиграфических подразделений другим, и каждое из них рассматривается тем самым как естественный историко-геологический этап, или стадия («европейская» школа). Большая монография «Глобальная событийная стратиграфия», авторами которой были западноевропейские стратиграфы (Barnes, Hallam, Halja, Kauffman and Walliser, 1995), содержит анализ геологической истории Земли в фанерозое и ранжирование событий, обеспечивающих пространство корреляций.

Альтернативой «событийному» направлению выступили члены современной МКС во главе с ее председателем, профессором Невшательского университета (Швейцария) Ю. Ремане (Remane). Развивая представления о первостепенности значения границ стратонов ОСШ, они пересматривают последнюю, основываясь на опыте установления рубежа между силурийской и девонской системами. Своими постановлениями 1986 г. и особенно 1996 г. (Cowie et al., 1986; Remane et al., 1996) МКС официальными подразделениями ОСШ признает лишь единицы, положения подошв которых определены через ТГСГ или «точки стратиграфического возраста глобального стандарта» (ТСВГС) для докембрия. Разработана также сложная процедура фиксации и утверждения предлагаемых уровней. К 2000 г. официальными в фанерозое были признаны лишь 27 границ (к началу 2001 г. — уже 37).

Предложения МКС развивают «американскую» стратиграфическую концепцию, делая ОСШ искусственной системой, основанной на договоренности специалистов. Другими словами, из синтеза геологической истории планеты, показывающего последовательность этапов, шкала становится инструментом измерения и сравнения отдельных стратиграфических интервалов разреза земной коры. При этом официальные подразделения устанавливаются только на основании точной корреляции с частями геологического разреза, заключенными

между смежными ТГСГ или GSSP. Тем самым, основные единицы шкалы — в настоящее время ярусы (для фанерозоя) — становятся стандартом для определения частей разреза литосферы в пределах всей земной коры, а сама шкала — последовательностью этих стандартов. Поэтому представляется, что данный документ следует называть не Международной, Глобальной или Мировой, а Стандартной стратиграфической шкалой (ССШ), как наиболее точно отражающей ее значение. Данным термином и его аббревиатурой она будет обозначаться в предлагаемом учебнике.

Определенной реакцией на активную деятельность МКС явились последовательно публиковавшиеся материалы МСК, ответственным редактором и основным автором которых был А. И. Жамойда. В 2000 г. вышли «Дополнения к Стратиграфическому кодексу России», разъясняющие суть ряда статей второго издания СК и содержащие дополнения, связанные с некоторыми стратиграфическими процедурами, и новые категории; а также — чрезвычайно полезные справочные дополнения, объясняющие определенные нетрадиционные подходы и методы стратиграфии.

В 2005 г. А. И. Жамойда опубликовал доклад «Ключевые проблемы Международной стратиграфической шкалы (по материалам 32-й сессии МГК и МСК России)», ранее переведенный на английский язык и распространенный среди членов 32-го МГК. В нем дается исчерпывающий анализ основных существующих разногласий МКС и МСК, и объясняются их причины.

В 2006 г. вышел из печати «Стратиграфический кодекс России», третье издание. В нем сохранены основные принципы отечественной стратиграфии, уточнены классификация, содержание и внесены некоторые изменения в отдельные категории. Кроме того, несколько сокращены Приложения, но при этом добавлено Приложение 1: «Общая стратиграфическая шкала».

В начале XXI в. почти одновременно были опубликованы четыре учебника по стратиграфии: А. В. Попов «Измерение геологического времени» (2003); В. А. Прозоровский «Начала стратиграфии» (2003); Ю. Б. Гладенков «Биосферная стратиграфия. Проблемы стратиграфии XXI века» (2004); С. В. Лыюров «Основы стратиграфии» (2004), а также серия статей Ю. Н. Карогодина и А. Л. Симанова «Кризис в стратиграфии: методические и теоретические основания» (2004, 2005, 2006). Все упомянутые публикации, оперируя одними и теми же понятиями, существенно, часто принципиально по-разному интерпретируют их. Большинство авторов подчеркивают «системный подход», якобы ранее отсутствовавший в стратиграфии.

Представляется интересным проанализировать указанные работы, чтобы разобраться в их различиях (см. в соответствующих разделах), хотя предлагаемый анализ будет, естественно, достаточно субъективным, ибо многие представления автора не совпадают с представлениями других исследователей.

Завершая краткую историю стратиграфии, следует отметить, что более полные сведения о ней можно почерпнуть в ряде других публикаций, прежде всего в двухтомном учебнике Г. П. Леонова «Основы стратиграфии» (1973, 1974) и в монографии К. В. Симакова «Очерк истории развития концепции реального геологического времени» (1995).

Несмотря на более чем трехвековую историю стратиграфии, многие положения ее теории до сих пор остаются дискуссионными, вследствие чего страдает качество практических геологических исследований и, прежде всего, в области геологической картографии. Тем не менее в заключение можно отметить следующее.

1. Очевидна эволюция наших стратиграфических воззрений — от чистой фиксации наблюдаемых фактов взаимоотношений горных пород до выяснения строгих доказательств первичного положения и стратиграфических соответствий даже маломощных прослоев в местах, отстоящих друг от друга на тысячи и десятки тысяч километров.

2. Продолжает расти (особенно в последнее время), количество методов в стратиграфии. Вследствие этого в сферу ее деятельности включается все больше различных наук, что расширяет ее теоретическую базу.

3. Помимо продолжающих дискутировать «американской» и «европейской» стратиграфических школ получили развитие две современные тенденции решения специальных споров: одна стремится путем компромиссов «увязать» все разногласия и все виды подразделений, вторая исходит из признания истинности лишь одного направления и категорического непризнания всех остальных.

4. Необходимость развития стратиграфии более или менее ясно понимают в большинстве развитых стран. Отражением этого могут служить выпуски СК в 26 странах и постоянное усовершенствование Международного руководства по стратиграфии. Всего же с 1933 г. вышло в свет 55 изданий СК, руководств или заменяющих их инструкций.

Глава 2

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ В СТРАТИГРАФИИ

2.1. Определение науки «стратиграфия»

Термин «*стратиграфия*» буквально означает *описание слоев* (от лат. stratum — слой и греч. graphio — пишу). Автором его, вероятно, следует считать В. Смита, который в 1815 г. опубликовал свою знаменитую «Геологическую таблицу ископаемых органического происхождения Британии, устанавливающую последовательность и непрерывность слоев» (Geological Table of British organized Fossils, which identify the courses and continuity of the Strata in their order of superposition). Это была легенда к первой (в современном смысле), геологической (стратиграфической) карте Англии, Уэльса и части Шотландии в масштабе 5 миль в 1 дюйме (1 : 316 800). Первоначально последовательность отложений (стратиграфическая схема юрских и нижнемеловых образований) Соммерсетского угольного канала была в рукописном виде составлена В. Смитом в 1799 г. (ее единственный оригинал подарен Лондонскому геологическому обществу в 1831 г.).

Г. П. Леонов (1973) считал, что как самостоятельная наука стратиграфия обособляется в руководстве К. Фогта «Lehrburch der Geologie und Petrefactenkunde, Bd I-II, 1846—1847», по которому она занимается изучением последовательности залегания геологических тел в земной коре и выяснением их взаимоотношений. Д. Л. Степанов в 1967 г. основание стратиграфии относил к 1865 г., когда впервые был принят данный термин.

Некоторые специалисты считают, что сам термин «стратиграфия» устарел, так как описание (graphio) — не наука. Ее следует называть «стратилогией» или «стратологией» по К. Данбару и Дж. Роджерсу (1962) (так же, как петрология заменила петрографию). Однако подобные предложения носят сугубо формальный, часто чисто схоластический характер, не меняя существа дела. Более важно то, что в настоящее время (см. гл. 1) нет единого определения самой науки, предмета ее изучения, цели и задач исследований. Исключая оригинальные единичные предложения, существующие мнения можно суммировать в две значительно различающиеся точки зрения.

Первая, появившаяся раньше, «европейская» (или «единства стратиграфии») определяет стратиграфию как «ветвь исторической геологии, которая упорядочивает породы по временнóй последователь-

ности их образования и устанавливает временную шкалу для датировки геологических процессов и событий» (О. Шиндевольф, 1960, 1975; Г. П. Леонов, 1973). Данное определение наиболее узко понимает науку, служащую только для установления вертикальной (временнóй) последовательности горных пород в разрезе земной коры.

Близко к представленной выше позиции несколько более широкое определение отечественных стратиграфов: «...раздел геологии, охватывающий вопросы последовательности формирования геологических образований во времени и периодизации истории земной коры на основе установления соотношений геологических образований в пространстве и выделения этапов геологической истории» (Проект СК СССР, 1970, Ст. II.1). Определение Ю. Б. Гладенкова также, в общем, примыкает к нему, как и ряд предшествующих (Д. Л. Степанов, М. С. Месежников, 1979 и др.): «раздел, который занимается, во-первых, расчленением горных пород с исторической и хронологической точки зрения, а, во-вторых, — разработкой хронологической шкалы для датирования геологических событий» (Ю. Б. Гладенков, 2004. — С. 7). Почти так же понимал стратиграфию и один из ее создателей — В. Смит (1817): «Наука о пространственно-временнóй последовательности горных пород и встреченных в ней окаменелостях».

Вторая, условно «американская» точка зрения (или «множественности стратиграфий») исходит из гораздо более широкого понимания стратиграфии. Она рассматривает науку, изучающую «... не только ... первичную последовательность и возрастные соотношения слоев горных пород, но и их форму, распространение, литологический состав, содержание ископаемых организмов, геофизические и геохимические свойства — все характерные особенности, признаки и качества горных пород, способы образования и геологической истории» (МСС, 1978. — С. 22). В сокращенной версии Международного СК (1999) определение науки несколько конкретизируется: «Стратиграфия... занимается описанием всех горных пород земной коры и их организацией (упорядочением) в отличительные полезные и картируемые подразделения, основанные на их свойствах или признаках для установления их распределения и взаимоотношения в пространстве и последовательности во времени, а также для интерпретации геологической истории» (Международный стратиграфический справочник. Сокращенная версия, 2003. — С. 10).

К данному определению примыкают представления Х. Д. Хедберга (1937), а также наших коллег (что подчеркивает условность государственного определения направлений науки) А. М. Садыкова (1974), В. И. Драгунова (1973) и др. В компетенцию стратиграфии, согласно этим представлениям, входят наряду с выяснением пространственно-временных соотношений геологических тел проблемы генезиса, состава и преобразования горных пород.

Помимо приведенных крайних точек зрения, существует еще множество промежуточных. Совершенно обособленным является

определение А. В. Попова: «Стратиграфия — наука, изучающая геологическое время» (А. В. Попов, 2003). Думаю, что такой наукой является *геохронология* (от греч. *stratum* — слой; *chronos* — время).

Что же разделяет позиции «европейцев» и «американцев»? Вероятно, предмет, цели и задачи науки. Чтобы примкнуть к одному из приведенных выше определений или выработать свое, попробуем разобраться в существующих разногласиях, прибавив к ним еще представление о месте стратиграфии в геологических исследованиях.

2.2. Стратиграфические подразделения

В соответствии с разделяемой точкой зрения различаются и представления о предмете науки. Однако все сходятся на том, что интересы стратиграфии не выходят за пределы земной коры. Непосредственным предметом ее изучения являются горные породы, слагающие литосферу. При этом «американцы» включают сюда все классы горных пород: «...изверженные и метаморфические — в такой же степени, как и осадочные, неконсолидированные и консолидированные ...» (МСС, 1978. — С. 22). «Европейцы» же ограничивают предмет науки горными породами, сформировавшимися только путем седиментации (осадочными, вулканогенно-осадочными и параметаморфическими[1]).

Но изучает стратиграфия не просто горные породы, а такие их объединения — *стратиграфические подразделения*, или *стратоны*, которые позволяют установить их пространственно-временно́е положение в разрезе земной коры. Последнее свидетельствует о том, что независимо от принимаемой точки зрения первоочередным предметом изучения являются только седиментологические объекты. Это объясняется тем, что, как установил еще Н. Стенон в XVII в., только они позволяют определить последовательность первичного соотношения толщ в вертикальном разрезе. Каждый слой при ненарушенном залегании моложе подстилающего и древнее перекрывающего (принцип, или закон, суперпозиции, см. ниже). Стратиграфическое же положение магматических или глубоко метаморфизованных пород устанавливается лишь выяснением их соотношения с осадочными образованиями. Главной особенностью последних является наличие в них первичной слоистости, обусловленной гравитационным полем Земли.

По поводу того, что представляет собой стратиграфическое подразделение, среди специалистов также нет единого мнения. Хотя, как совершенно справедливо отмечалось в МСС (1978, С. 28), «... точное определение стратиграфического подразделения имеет первостепен-

[1] Параметаморфические породы — метаморфические (преобразованные) образования первично осадочного происхождения.

ное значение» (прежде всего, для чисто практических нужд — *В. П.*).

Сторонники «единства стратиграфии» исходят из того, что стратон — «это совокупность горных пород, составляющих определенное единство и обособленных по признакам, позволяющим установить их пространственно-временные соотношения, то есть последовательность формирования и положения в стратиграфическом разрезе» (СК, 1992. — С. 21; 2006. — С. 14). Другими словами, стратон объединяет геологические тела (или их части), выражающие какие-то историко-геологические этапы определенной части поверхности Земли, и представляет собой естественно сформированные части разреза земной коры.

Стратиграфы, стоящие на позициях «множественности стратиграфий», определяют данное понятие по-другому: «Стратиграфическое подразделение (единица) — слой или комплекс смежных слоев, рассматриваемый как единица классификации последовательности горных пород Земли, характеризующаяся общностью какого-либо одного из многих признаков, свойств или качеств, прослеживаемых в породах» (МСС, 1978. — С. 23). Такая формулировка основывается на признании искусственного, субъективного выделения стратиграфических единиц. Это расширяет и облегчает возможности практики, но тогда надо признать, что естественные подразделения разреза являются частным случаем данного понятия. (Следует подчеркнуть, что борьба между естественностью и искусственностью наших построений и есть основа разногласий существующих стратиграфических направлений, в явном или завуалированном виде проявляющаяся во всех или почти во всех разделах стратиграфии.)

Более конкретным определением стратона может быть следующее: «дискретная часть разреза литосферы, характеризующаяся определенным положением в последовательности слагающих ее геологических тел, седиментологическим или палеонтологическим признаком (одним или их сочетанием), отличающим ее от других вмещающих образований». Оно подчеркивает то обстоятельство, что при всем разнообразии признаков, присущих горным породам осадочного генезиса, стратоны по своей природе могут обособляться лишь по указанным трем свойствам: седиментологическому — литостратиграфические подразделения, палеонтологическому — биостратиграфические подразделения и стратиграфическому положению в разрезе литосферы относительно вмещающих единиц — хроностратиграфические подразделения.

О. Шиндевольф (1975) категорически возражал против использования термина «хроностратиграфическое подразделение». Он считал, что это неверное словосочетание, так как стратиграфия сама по себе включает понятие времени. Кроме того, он рассматривал хроностратоны как слои, сформировавшиеся за время жизни определенного комплекса организмов, т. е. биостратиграфические. Мы придержива-

емся другой точки зрения и, не имея иного русскоязычного словосочетания, признаем использование термина «хроностратиграфическое подразделение».

Важной особенностью каждого стратона является его качественное обоснование. Это означает, что он должен отличаться от смежных стратонов критериями (критерием), характерными только для него, например цветом (а не интенсивностью цвета), составом (а не количественными различиями преобладающих минералов), особенностью текстуры, систематическим составом окаменелостей или формой их захоронения, соответствием определенному (эталонному) интервалу разреза литосферы. Однако далеко не всегда определяющее стратон качество объединяет породы, в которых оно повсеместно равномерно распределено и одинаково резко сменяется другим качеством. Очень часто одно качество концентрируется в определенной части стратона или, постепенно убывая, сменяется другим в более или менее широком стратиграфическом интервале, частично или полностью перекрываясь (рис. 2.1). Поэтому в стратиграфической единице следует различать область развития основного (ведущего) качества стратона (распространение критерия его выделения), его ядро (В.Л. Егоян, 1969) и границы — уровни, ограничивающие распространение этого качества в пространстве, вблизи которых оно может выражаться ослабленно. Например, основным критерием выделения мезозойской эратемы является присутствие в породах остатков аммонитов. Но в венчающем мезозой маастрихтском ярусе они крайне редки. С другой стороны, здесь встречаются и представители кайнозойской биоты, но это обстоятельство не влечет за собой переноса маастрихта или его части в кайнозой.

Таким образом, ядро стратона всегда объективно, но не везде в нем представлено одинаково. Границы же стратиграфической единицы могут быть проведены субъективно, основываясь на представлениях конкретного исследователя или договоренности специалистов.

Рис. 2.1. Соотношения литостратонов (*А*) и биостратонов (*Б*):
1 — известняки; *2* — эвапориты; *3* — биофоссилии

До сих пор существуют также разногласия в представлениях о стратиграфической границе. Одни считают, что это в общем случае интервал геологического разреза, разделяющий поля развития ядерных частей стратона, протяженность которого может меняться по мере получения новых данных о распространении критериев подразделения. Однако на всех основных геологических документах, различных картах, колонках, профилях и прочем все геологические контуры проводятся конкретными линиями, что, главным образом, способствует стабильности стратиграфических, тектонических и других построений. Поэтому большинство стратиграфов всего мира принимают линейный, конкретный характер границ, несмотря на возможную условность их проведения.

Наконец, в СК 1992 г. различают *стратиграфические границы* как поверхности, ограничивающие стратоны по наиболее нижней (древней) точке его распространения (по подошве) и по наиболее верхней (молодой) точке его распространения (по кровле), и *латеральные границы*, ограничивающие стратон в пространстве. Тем самым признается хроностратиграфический характер стратиграфического подразделения любой природы. На практике же, выделяя подразделения по литологическим или палеонтологическим признакам, мы сталкиваемся обычно с тем, что основные их критерии в разных точках своего развития занимают различные интервалы разреза. Соответственно, ограничивающие их поверхности могут иметь далеко не одинаковые стратиграфические уровни, да и сами стратоны могут обладать весьма разнообразной формой. Поэтому разделение границ на стратиграфические и латеральные вряд ли целесообразно.

Наряду с разобранными выше, существуют и другие многочисленные определения стратиграфического подразделения. Из последних укажем определение Ю. Б. Гладенкова (2004, С. 76): «стратон... соответствует отложениям, сформировавшимся в период подвижно-равновесного состояния системы (историко-геологической этапности — *В. П.*), а границы фиксируют события, обусловившие смену квазистабильного состояния системы другой». В данном случае автор данного определения стоит на позициях принципа «единства стратиграфии» и рассматривает стратиграфические единицы как материальное выражение этапов геологической истории. По нашим же представлениям установление историко-геологической этапности преимущественно задача исторической геологии, следующей за стратиграфией на основании интерпретации генезиса стратонов и их частей.

По мнению Ю. Н. Карогодина (2004), стратоном может быть только целостная система — «циклит», обладающая изохронными границами (может быть, только в региональной стратиграфии?) Однако циклит, как нам представляется, лишь частный случай, один из возможных вариантов стратонов, далеко не всегда выделяемый объек-

тивно. А. В. Попов (2003), в соответствии со своим пониманием стратиграфии (см. выше), считает стратоны временными единицами.

Какие же стратиграфические подразделения обычно используются геологами при проведении геологоразведочных работ?

2.3. Слой (пласт)

Так как первоочередным объектом стратиграфии являются горные породы, накапливающиеся осадочным способом, то их специфика заключается в обязательном наличии слоев и слоистости. Данные понятия с точки зрения их классификации, механизма образования, преобразования рассматриваются литологией и седиментологией. Однако, помимо отмеченного, слой — очень важный элемент стратиграфии. Ведь это какой-то объем горной породы, характеризующийся общими чертами (или чертой) строения и обладающий формой, при которой одно измерение (обычно простирание) резко превышает остальные (рис. 2.2). Тем самым слой — это *элементарное стратиграфическое подразделение* и одновременно *элементарная единица наблюдения*. Он может выделяться по составу, цвету, текстуре, включениям, характерным биофоссилиям, плотности и т. д.

Стратиграфический объем каждого слоя, степень его обособления, мощность и другие особенности зависят от масштаба и целей исследований, квалификации исполнителя и многих других субъективных факторов. Так, например, в глинистых сланцах можно выделить слои миллиметровой мощности протяженностью в несколько сантиметров, а в земной коре — гранитный слой, непрерывно прослеживающийся

Рис. 2.2. Слой (пласт) и его основные элементы

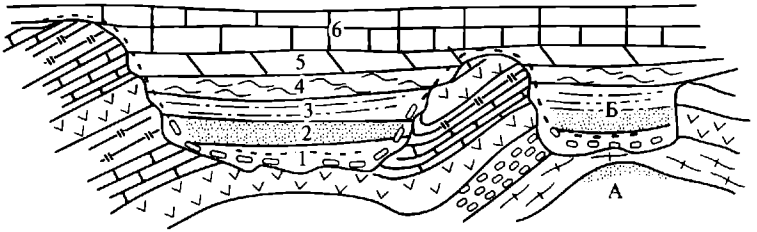


Рис. 2.3. Возможные случаи соотношений слоев в геологическом разрезе:

Комплексы дислоцированный (А) и ненарушенный (Б) разделены поверхностью структурного несогласия. В депрессиях кровли комплекса А несогласие стратиграфическое (параллельное), на возвышенностях кровли комплекса А несогласие угловое. Слои 1—4 комплекса Б по отношению к комплексу А залегают ингрессивно, слои 5 и 6 по отношению к более древним залегают трансгрессивно, соотношения слоев 2—4 с комплексом А — прислонение (притыкание)

под континентами и достигающий мощности 80 км. Известный литолог Ю. А. Жемчужников предлагал именовать такие объекты «условными слоями», а преподаватель геологического факультета Петербургского университета В. И. Солун — «служебными слоями». Существующие же традиции отечественной геологической номенклатуры позволяют опускать предлагаемые определения, чтобы излишне не отягощать и без того очень сложный язык науки. (Часто широко распространенный термин «пласт» может выступать синонимом слоя при использовании для той же цели.)

Под *слоистостью* в стратиграфическом смысле следует понимать сочетание какого-то количества слоев (или пластов) в толще.

Для характеристики слоев в пространстве определяют положение его кровли и подошвы (нормальное или опрокинутое залегание), измеряют мощность, азимут падения или простирания и угол падения (см. рис. 2.3).

Устанавливая соотношение слоев (пластов) в разрезе, различают залегание, налегание, прилегание (рис. 2.4). *Залегание* бывает *нормальным*, если слои перекрывают друг друга в ненарушенном порядке (по принципу препозиции). Когда нормальный порядок слоев нарушается и более молодые слои покрываются более древними, залегание становится *опрокинутым* (рис. 2.5).

Согласным называется залегание, при котором среди параллельно лежащих слоев отсутствуют пропуски разреза, которые можно установить любыми геологическими методами; *несогласным* — взаимоотношение смежных слоев, разделенных отсутствующей частью разреза, измеряемой любыми геологическими методами.

Различают стратиграфическое и угловое несогласия. *Стратиграфическим*, или *параллельным*, называется такое несогласие, когда между параллельно лежащими смежными слоями отсутствует часть разреза промежуточного стратиграфического положения, которую

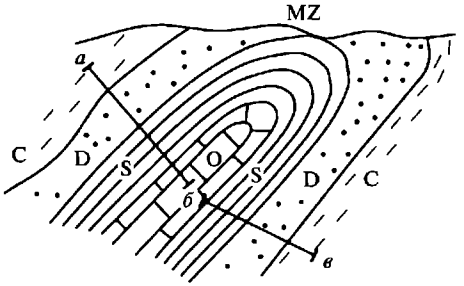


Рис. 2.4. Нормальное (*а — б*) и опрокинутое (*б — в*) залегание слоев (обозначены лат. буквами)

можно измерить любыми единицами измерения, принятыми в геологии (см. рис. 2.3, залегание слоя 1 на комплексе А в большей депрессии). (Однако широко известны случаи, когда наличие перерыва устанавливается наблюдениями, но протяженность его значительно меньше самой дробной единицы измерения. Для подобного взаимоотношения Дж. Баррел (J. Barrel) в 1917 г. предложил термин «*диастема*».)

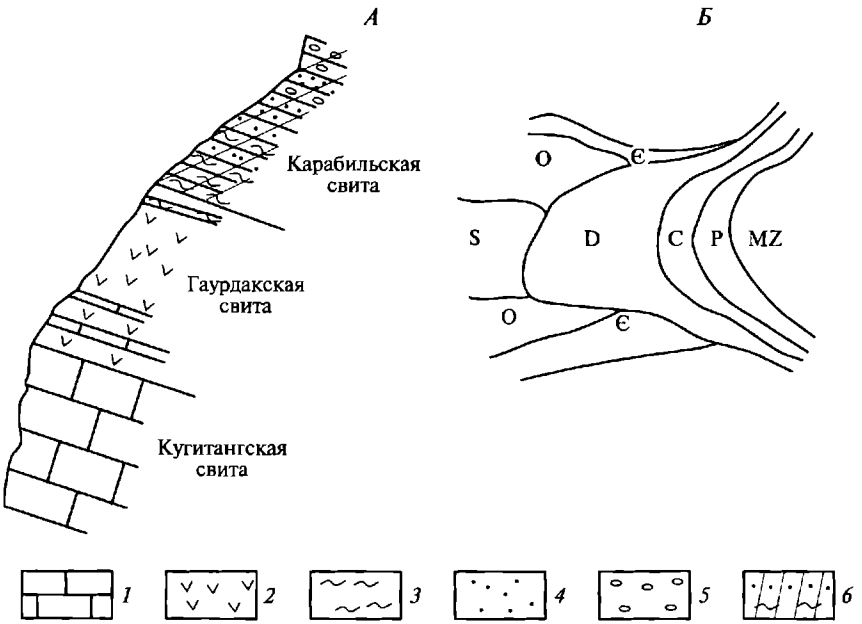


Рис. 2.5. Регрессивное соотношение слоев в разрезе (*А*) и трансгрессивное на площади (*Б*):

1 — известняки; *2* — эвапориты; *3* — глины; *4* — песчаники; *5* — конгломераты; *6* — красноцветность отложений

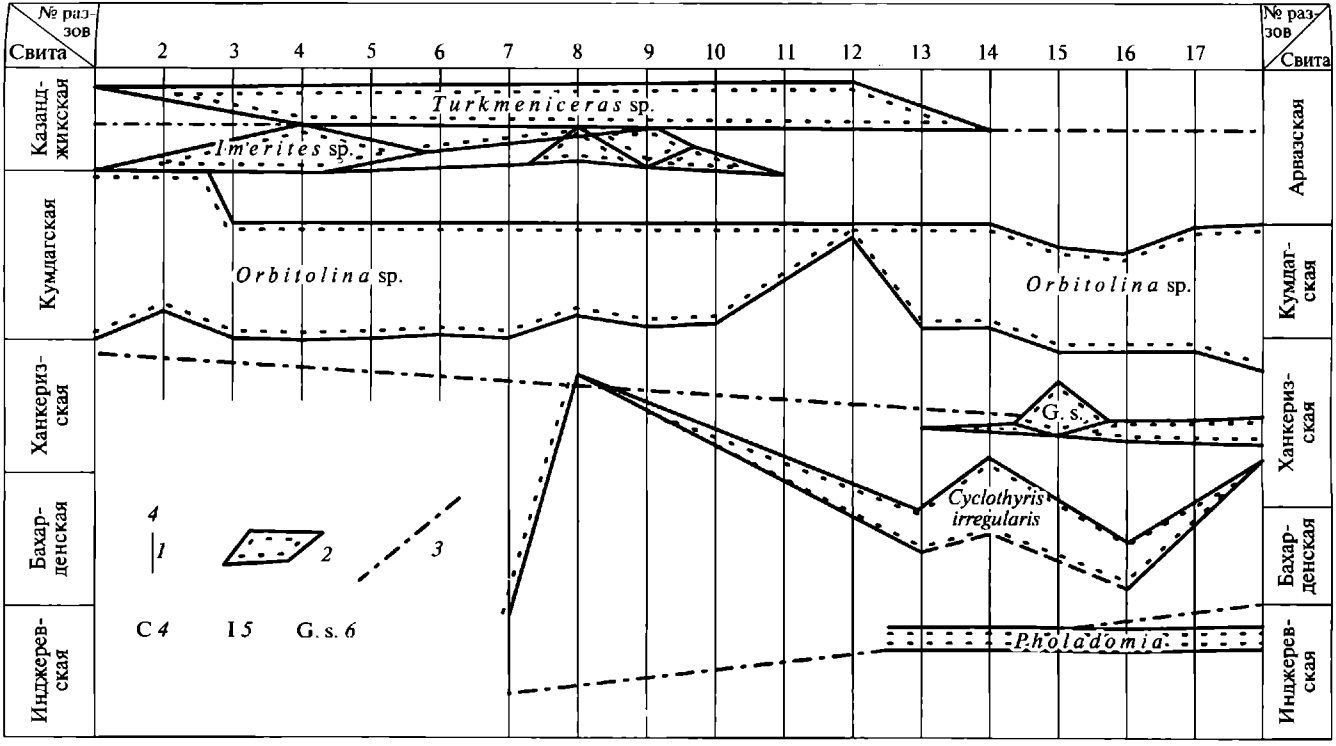


Рис. 2.6. Распространение биостратонов в геологических разрезах нижнего мела Копетдага:

1 — геологические разрезы; *2* — слои с биофоссилиями; *3* — хроностратиграфические уровни; *4—6* — биостратиграфические зоны: C — Colchidites, I — Imerites, T — Turkmeniceras, G.s. — Glosseudesia semistriata

При *угловом несогласии* поверхность разделяет серии непараллельно залегающих слоев (см. рис. 2.3, на выступах комплекса А). Частными случаями его являются: *структурное* несогласие, при котором поверхность разделяет серии, обладающие различным стилем строения (комплексы Б и А на рис. 2.3); *азимутальное* — когда поверхность разделяет серии не только непараллельных слоев, но и имеющих разные азимуты падения (простирания); *географическое* — если поверхность разделяет серии слоев, различие углов падения которых столь мало, что устанавливается лишь при картировании.

Различают также трансгрессивное, регрессивное и ингрессивное залегание. *Трансгрессивное залегание* отражает постепенное изменение вверх по разрезу слоев, сформированных при все более мористых условиях (уменьшение размерности в обломочных породах, смена терригенных глинистыми, позже карбонатными слоями). Однако трансгрессивным называется и такое соотношение слоев, когда площадь распространения верхнего слоя шире, чем нижнего (рис. 2.5, *Б*). Обычно в основании трансгрессивных серий наблюдаются ясные следы размыва. *Регрессивное* залегание характеризует обратные соотношения в разрезе и на площади (рис. 2.5, *А*); *ингрессивное* отличает распространение более молодых слоев среди более древних, обычно подстилающих молодые слои, например при затоплении морем расчлененной суши, заполнении межгорных депрессий и т.п. (см. рис. 2.3, залегание комплекса Б в депрессиях). В отличие от трансгрессивных, основания ингрессивных серий не несут следов размыва.

Латеральные соотношения разновозрастных слоев называют *прислонением*, или *прилеганием*. Если слои являются элементарными стратонами, то сочетания слоев, обладающих каким-то общим признаком, и есть те стратиграфические подразделения, которые преимущественно используются в геологической практике. Все стратоны характеризуются *объемом* (*стратиграфическим объемом*) подразделения. Под ним понимают интервал геологического разреза, заключенный между его кровлей и подошвой. Этот интервал может быть постоянным или меняться в различных участках распространения стратона.

Составом стратиграфического подразделения называют перечень входящих в него единиц более низкого ранга (СК, 1992; 2006).

2.4. Стратотип

Стратиграфические подразделения — единицы качественные, вследствие чего установление их в пространстве невозможно без сравнения с эталонами качества, по которому они выделены. Такими эталонами являются стратотипы стратонов. «*Стратотип* (*стратотипический*

разрез) — конкретный разрез (единый или составной) стратона, указанный и описанный в качестве эталонного» (СК, 1992. — С. 2; 2006. — С. 14). Установление стратотипов должно служить для обеспечения единообразного понимания стратиграфической единицы в пределах ее распространения и тем самым определять ее ареал. Кроме того, название стратона в большинстве случаев определяется местоположением стратотипа (например, оксфордский ярус имеет стратотип в окрестностях г. Оксфорда в Англии; бахчисарайский горизонт имеет стратотип в окрестностях г. Бахчисарай; саблинская свита имеет стратотип в бассейне р. Саблинки в Ленинградской обл.). Основной функцией стратотипа является отчетливое содержание основных критериев, по которым устанавливается подразделение. В связи с этим в настоящее время к стратотипам предъявляется целый ряд требований. Однако многие стратоны, прежде всего в ОСШ, выделены еще в позапрошлом веке, когда господствовали идеи нептунистов, и строгих требований к стратотипам не предъявлялось. В результате большинство из них оказались с дефектами, которые особенно сказывались на определении положения границ между смежными стратонами. (Вообще нахождение почти идеальных разрезов, какими должны быть настоящие стратотипы, дело чрезвычайно сложное.)

Стратотипической местностью (*страторегионом*) называется район, в котором находятся стратотип и разрезы, дополняющие его характеристику. Выделяют следующие разновидности стратотипов: *голостратотип* (первичный стратотип) — разрез, устанавливаемый автором стратона одновременно с установлением самого подразделения. *Лектостратотип* (избранный стратотип) выбирается в случаях, когда голостратотип не был указан автором подразделения. *Неостратотип* (новый стратотип) выбирается тогда, когда голостратотип по каким-то причинам утрачен или стал недоступен для изучения (затоплен, попал в запретную зону). *Составной стратотип* — это совокупность разрезов, расположенных в стратотипической местности, дополняющих друг друга и в сумме составляющих полный эталон данного стратона. *Ареальный* (площадный) *стратотип* — частный случай составного стратотипа. *Гипостратотип* (вторичный, дополнительный) — дополнительно выбираемый в стратотипической местности разрез, обладающий более характерными особенностями, чем неудовлетворительный (в данном случае) голостратотип, но соответствующий последнему по критериям выделения. *Парастратотип* — разрез, используемый автором стратона при выборе голостратотипа с целью дополнения его характеристики.

2.5. Литостратиграфические подразделения

Слои, объединенные вещественным или производным от него признаком (признаками), образуют класс (группу) ***литостратиграфи-***

ческих подразделений[1] — «совокупность слоев горных пород, преимущественно одного литологического типа, или состоящая из комбинации литологических типов, или обладающая другими выразительными и общими для всего подразделения литологическими признаками» (МСС, 1978. — С. 44). Кроме породных признаков, их в той или иной степени отражают различные физические, химические и другие особенности пород, устанавливаемые посредством интерпретации данных геофизических, геохимических и иных полевых или лабораторных методов.

Основным требованием к литостратону должна быть его литологическая гомогенность, причем неизбежное различие в деталях само по себе может быть признаком литологической общности. Подразделения рассматриваемой природы могут выделяться только на основании наблюдаемых прямо или косвенно (преимущественно геофизическими методами) физических характеристик, вне зависимости от геологической истории района или способа образования (частный случай последнего).

Желательно выделять литостратоны по внешним, наиболее выразительным при полевых исследованиях признакам (цвету, строению, четким структурам и т. п.) или по существенным различиям характера показателей при геофизических исследованиях (изображения каротажных кривых, индивидуальных рисунков сейсмограмм и др.). Не следует устанавливать их по результатам лабораторных исследований (по составу минералов тяжелой фракции, степени карбонатности и пр.), хотя характеристику единиц полезно ими дополнить. Большинство литостратонов имеет диахронные границы.

Требования соответствия литостратиграфических подразделений стадиям геотектонических циклов или единству палеогеографических условий (Основы стратиграфии, 1962; Общая стратиграфия, 1979; Практическая стратиграфия, 1984) правомочны лишь в том смысле, в каком литологические признаки, на которых основано их выделение, отражают данные историко-геологические этапы. Однако критериями литостратона могут быть и признаки, приобретенные в результате диагенеза, эпигенеза и даже метаморфизма или выветривания, совершенно не связанные с генезисом подразделения. Прекрасным примером тому могут служить литостратоны мелового разреза Горного Крыма: «туронский ярус», устанавливаемый на основании наличия кремневых стяжений в писчем мелу или «верхнемаастрихтские отложения» — известковистые песчаники с кружевным выветриванием.

Географическое распространение литостратиграфических подразделений целиком контролируется протяженностью и прослеживаемостью их литологических критериев. Биофоссилии и следы их жизне-

[1] Ю. Б. Гладенков (2004) считает литостратиграфические (вместе с биостратиграфическими) основными — геостратиграфическими подразделениями, которые составляют стратиграфические схемы конкретных районов.

деятельности могут учитываться при установлении литостратонов, но обычно лишь как второстепенный литологический компонент. Когда же органические остатки являются породообразующими, они рассматриваются так же, как типичный породный признак (ракушняки, диатомиты, угли, нуммулитовые известняки и др.).

Качественная природа литостратонов не вызывает сомнения. Соответственно чрезвычайно велика роль стратотипа в установлении ареала распространения подразделений. Он отвечает за породное единообразие литостратона и потому должен содержать типично выраженные литологические критерии данного подразделения. Однако стратотип литостратиграфической единицы не является эталоном стратиграфического объема и соотношения с вмещающими литостратонами. Местность (или географический пункт — город, село, гора и т. д.), в которой расположен стратотип, служит основанием для названия подразделения (волховская свита — стратотип расположен на берегу р. Волхов; арланская свита — стратотип расположен на склоне горы Арлан; симферопольские слои — стратотип расположен на окраине г. Симферополя и т. п.).

В класс (группу) литостратиграфических подразделений входят следующие конкретные единицы: наиболее распространена свита (в американской литературе — формация; толща; пачка; пласт; слой и др.). В этот же класс входят серия, комплекс, каротажные, сейсмические зоны, большинство климатостратиграфических подразделений, циклиты любых порядков и т. п. Все литостратиграфические подразделения всегда смыкаются с другими литостратонами и вместе образуют всю мощность земной коры (за исключением пространств, занятых магматитами и ультраметаморфитами) без зияний и перекрытий. Выделяя литостратоны, решают, главным образом, первую стратиграфическую задачу — *расчленение разреза*.

2.6. Биостратиграфические подразделения

Относительно того, что представляет собой биостратон, нет единой точки зрения. О. Шиндевольф и многие биостратиграфы считают его единицей времени, понимая под ней горные породы, накопившиеся (сформировавшиеся) за время существования таксона или какого-то комплекса таксонов. Однако, если исходить из подобного представления, то что позволит в каждом конкретном случае установить полное распространение таксона? Ведь биофоссилии редко образуют непрерывный вертикальный ряд, а очень часто встречаются в виде единственного экземпляра или малочисленных рассеянных в породе представителей. Что же может доказать однообъемность стратиграфических интервалов в разобщенных местонахождениях? Отсюда, согласно другой точке зрения, под биостратиграфическим подразделением следует понимать слои (горные породы), содержащие опреде-

ленный таксон или комплекс органических остатков, отличный от других слоев. Именно такое понимание биостратона принято в предлагаемой работе.

Вместе с тем, достаточно часто встречающиеся в горных породах органические остатки заметно различаются между собой и потому могут служить критериями расчленения разреза. С другой стороны, изменения состава и облика биофоссилий в вертикальной последовательности происходят закономерно, в связи с чем определенные таксоны отражают отдельные стадии эволюции органического мира и могут служить обоснованием одновременности вмещающих их отложений.

Таким образом, палеонтологические окаменелости позволяют решать основные стратиграфические задачи — расчленение и корреляцию разрезов горных пород. Следовательно, породы, содержащие биофоссилии, являются настоящими стратиграфическими подразделениями. Подобные единицы могут выделяться на основании объединения отложений, в которых встречаются морфологически однообразные формы, определенной систематической принадлежности (любого ранга), по количеству находок, характеру распределения, специфике захоронения и т.д. Соответственно особенности палеонтологического материала могут отражать закономерности эволюции, расселения или тафономии организмов на поверхности Земли в определенное время. Вне наличия биофоссилий подразделения нет, так как отсутствует критерий его выделения.

Площадь распространения биостратонов и положение их в разрезе определяются только присутствием окаменелостей данного таксона или комплекса. Границы их представляют собой поверхности, оконтуривающие со всех сторон местонахождения палеонтологических комплексов. Этим биостратоны принципиально подобны литостратонам; границы их диахронны, и главной задачей является расчленение разреза. Однако в отличие от литостратонов биостратоны в общем менее определенны или их распространение подвержено более частым изменениям в связи с относительной случайностью нахождения окаменелостей. Биостратиграфические единицы далеко не всегда смыкаются в пространстве с себе подобными, поэтому их границы часто определяются лишь с одной стороны. На изменение биостратонов могут влиять и новые данные в систематике, экологии и тафономии данной группы. Литостратоны первично непрерывны в пространстве, биостратоны же могут быть первично прерывисты в зависимости от особенностей расселения и тафономии вымерших сообществ. Распространение биостратонов в пространстве может совпадать с литостратонами, но чаще, что особенно заметно при детальных исследованиях, более или менее значительно отличается от последних (рис. 2.6). Обычно биостратоны распространены шире литостратонов и потому, наряду с расчленением отложений, могут использоваться при решении корреляционных задач. Возможность использования их для

стратиграфических сопоставлений подчеркивается также четко направленным характером эволюции биоса, что было подмечено еще В. Смитом и обосновано Ч. Дарвином (1859).

Биостратон так же, как и литостратон, безусловно качественное подразделение, и потому для него необходим стратотип. Но эталоном для него могут служить конкретный разрез или местонахождение типичных органических остатков (СК, 1992), а также коллекция характерных форм в монографических палеонтологических музеях или специальные публикации, в которых таксоны подробно описаны (Шиндевольф, 1975). Авторы Стратиграфического кодекса считают, что породный стратотип должны иметь комплексная зона, экозона и зона совместного распространения (СК, 2006. — Ст. VII-8).

Типичными палеонтологическими подразделениями являются биостратиграфические зоны, или слои с фауной (флорой). Лито- и реже биостратиграфические подразделения служат основными единицами легенды крупномасштабных геологических карт.

2.7. Хроностратиграфические подразделения

Термин предложен заведующим кафедрой палеонтологии Ленинградского (Санкт-Петербургского) университета, профессором Д. Л. Степановым в 1957 г. *Хроностратиграфические подразделения (хроностратоны) — это комплексы горных пород, занимающие определенное стратиграфическое положение в идеально полном разрезе земной коры*[1]. Они выделяются в конкретном геологическом объеме и прослеживаются в пространстве только на основании доказательства их однообъемности (одновозрастности) в пределах распространения. Хроностратиграфические подразделения объединяют образования самого различного состава и генезиса, соответствующие одному интервалу стратиграфического разреза (образовавшиеся за один и тот же промежуток геологического времени). Тем самым, в отличие от рассмотренных лито- и биостратонов, границы хроностратонов геологически изохронны (рис. 2.7).

Как же устанавливается принадлежность тех или иных породных ассоциаций или их частей к определенному хроностратону? Она возможна с помощью применения любых стратиграфических методов, которые позволяют сопоставить интересующие нас толщи или слои со стратиграфическим разрезом (стратотипом) или с интервалом разреза, заключенным между смежными ТГСГ, принятыми в качестве эталона границ хроностратона (рис. 2.8). Другими словами, данное соответствие достигается или определением уровней в изучаемом объекте, стратиграфически адекватных границам в стратотипической

[1] Ю. Б. Гладенкон (2004) называет их производными, образующими ОСШ, ССШ — общепланетарную (и региональную) шкалу — *В.П.*).

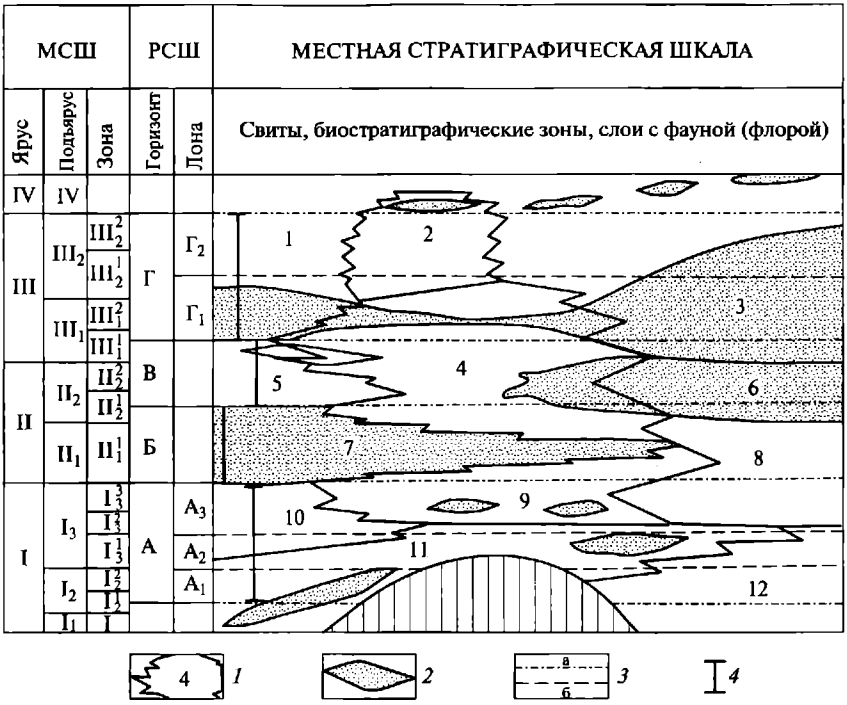


Рис. 2.7. Соотношения стратонов различных категорий и шкал:

1 — литостратоны; *2* — биостратоны; *3* — границы хроностратонов: *а* — горизонтов, ярусов; *б* — лон, хронозон; *4* — стратотипы горизонтов

местности хроностратона, или выделением на месте какой-то части разреза, надежно сопоставляющейся со стратиграфическим объемом стратотипа хроностратона.

В любом случае едва ли не основной задачей стратиграфа, ведущего региональные исследования, является доказательство соответствия интервала разреза стратиграфическому эталону (стратотипу или разрезу между смежными ТГСГ) того хроностратона, который, по мнению специалиста, присутствует в данном месте. Таким образом в отличие от лито- и биостратонов, решающих прежде всего задачу *расчленения разреза*, хроностратоны являются инструментом другой не менее важной задачи стратиграфии — *корреляции* геологических образований. Под *стратиграфической корреляцией* понимают установление стратиграфически однообъемных (одновозрастных) интервалов разреза земной коры (а не сходных по литолого-петрографическому, палеонтологическому или другому признаку).

В стратотипической местности хроностратон представляет собой отложения, отличающиеся своим породным или биологическим при-

знаком (признаками) от вмещающих толщ. За ее пределами границы данного подразделения лишь в исключительных случаях будут соответствовать изменению какого-нибудь материального качества (преимущественно при наличии несогласий). Обычно же границы хроностратона будут проходить внутри лито- или биостратона, не выделяясь при непосредственном наблюдении. Условно совмещать их с литологическими или палеонтологическими разделами, как предлагает В.Л. Егоян, не следует. В дальнейшем такая условность может привести к очень серьезным ошибкам геологической практики.

Хроностратоны непосредственно не картируются, как лито- или биостратоны, они показываются на геологических картах только после всестороннего стратиграфического анализа картируемого района. Такой прием носит название *картографирование*. Поэтому хроностратиграфические подразделения — единицы легенд средне- и мелкомасштабных карт или серий крупномасштабных геологических съемок. Стратотип хроностратона главным образом несет ответственность за стратиграфический объем подразделения, а уже потом за его название и прочие особенности. Следовательно, это должен быть непрерывный разрез, согласно перекрывающий, по крайней мере, подстилающие отложения. Основной критерий (литологический или палеонтологический) представлен отчетливо и резко сменяет более древний (той же природы) в непосредственной близости (желательно непосредственно по обеим сторонам какой-то плоскости).

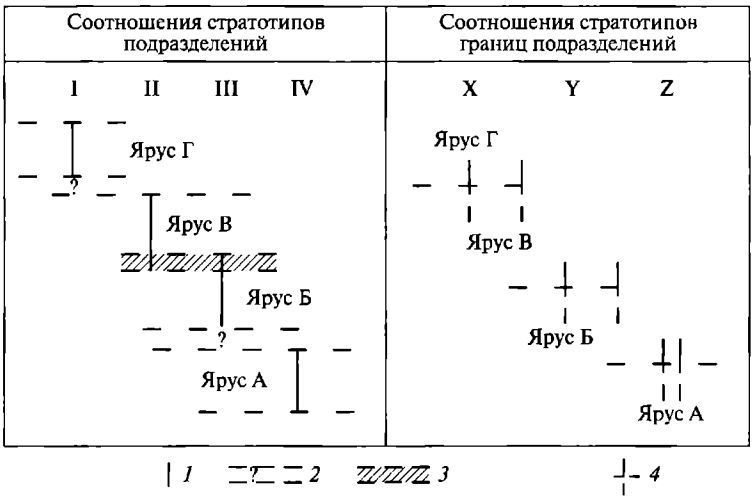


Рис. 2.8. Соотношения стратотипов подразделений и границ (МСС, 1978):

I—IV и X, Y, Z — местонахождения стратотипов; *1*, *4* — стратиграфические объемы стратотипов; *2* — перерыв в разрезе; *3* — стратиграфическое перекрытие разрезов

Столь идеальные разрезы встречаются в природе крайне редко, потому в практике геологических работ в качестве ограничений хроностратонов стали использовать стратотипы их границ, определенные через ТГСГ. Соответственно, к данной единице следует относить все геологические образования, которые сформировались между смежными ТГСГ. За стратотипическими разрезами сохранились функции приоритета в выделении данного подразделения и его названия. Однако и установление ТГСГ — дело достаточно сложное. Она выбирается в непрерывном, по возможности, монофациальном разрезе, в котором в непосредственной близости друг от друга (в идеале, непосредственно соприкасаясь) присутствуют критерии смежных хроностратонов. Кроме того, данный уровень должен обладать высоким *корреляционным потенциалом*, т.е. возможностью быть узнанным (установленным) в максимально широком пространстве.

Как было отмечено выше, хроностратоны прослеживаются любыми стратиграфическими методами, но главным среди них является (и, вероятно, сохранит всегда свое исключительное значение) биостратиграфический метод. Его приоритет объясняется тем, что именно последовательность закономерно изменяющихся во времени органических остатков наиболее ясно показывает определенное стратиграфическое положение толщ относительно друг друга и, в общем, независимо от местных изменений условий среды. Поэтому и основными критериями хроностратонов являются обычно комплексы таксонов руководящих биофоссилий. Данное обстоятельство истолковывается некоторыми стратиграфами так, что хроностратоны и есть по сути своей биостратоны. Однако как же быть в случаях (достаточно обычных), когда исследователь имеет дело с «немыми» толщами или образованиями, не имеющими руководящих окаменелостей? Вот тогда основную роль начинают играть непалеонтологические методы корреляции (см. ниже). Кроме того, если понимать (как здесь), биостратоны как слои, содержащие соответствующие органические остатки, то стратиграфический объем их в каждом месте будет зависеть от фациальной обстановки или тафономических условий, поэтому в каждом конкретном месте он будет различаться в той или иной степени.

Хроностратонами являются все подразделения Общей, или Стандартной (Международной), стратиграфической шкалы (от акротемы до хронозоны), а также региональное стратиграфическое подразделение — горизонт. Для них, вероятно, следовало бы ввести «точки региональных стратотипов границ» (ТРСГ), в связи с тем, что устанавливать стратотипы горизонтов далеко не всегда просто из-за большей или меньшей дефектности избираемых для них разрезов. Однако если ТГСГ утверждается Международным союзом геологических наук (МСГН), а представляется МКС, то ТРСГ предлагали бы Региональные межведомственные стратиграфические комиссии (РМСК), а утверждались бы они МСК.

В первых двух изданиях отечественного СК (1977) в категорию региональных подразделений, кроме горизонта, входила лона[1], составлявшая часть горизонта. При этом сохранялся общий принцип иерархической соподчиненности стратонов в категориях основных стратиграфических подразделений. Входя в категорию региональных стратонов, лона представляла, также как и горизонт, хроностратиграфическое подразделение.

В третьем издании СК (2006) почему-то (?) лона переведена в группу специальных стратиграфических подразделений, в разряд биостратиграфических подразделений как синоним «провинциальной зоны». В категории региональных основных подразделений горизонту подчиняются «слои с географическим названием», выделяемые по литологическим или палеонтологическим особенностям, которые «могут не заполнять весь стратиграфический объем горизонта» (СК, 2006, гл. 4, § 1. Ст. IV.6. — С. 26). Тем самым, во-первых, нарушен рангово-соподчиненный принцип построения единиц в категориях; во-вторых, слои с географическим названием, имея литологические или палеонтологические критерии выделения, вводятся в категорию, основная задача которой хроностратиграфическая (в корреляции); в-третьих, термин «лона» теперь будет иметь двойное значение, как хроностратиграфическое или биостратиграфическое подразделение. Множественность определений одних и тех же понятий или терминов всегда приводит к отрицательным результатам. Перевод лоны из категории региональных стратонов в биостратиграфические представляется ошибкой, допущенной в третьем издании.

2.8. Другие виды стратонов

Рассмотренные подразделения охватывают практически все возможные способы расчленения и прослеживания объединений горных пород на основании объективных критериев. Но помимо собственно лито-, био- и хроностратонов возможны случаи их совмещения. Так, «симферопольские слои» в эоцене Крыма являются одновременно лито- и биостратоном; раковины нуммулитов, образующих стратон, одновременно могут рассматриваться и как литологический, и как палеонтологический критерий. Аналогичным примером может служить и любой биогерм или биостром.

Еще более тесное сочетание всех трех групп критериев может быть представлено в стратотипической местности (или в стратотипическом разрезе) хроностратиграфического подразделения. Так, хроностратон торанглинский горизонт в нижнемеловых отложениях хребта Малый Балхан (Туркмения) соответствует казанджикской свите (в полном

[1]Лона — от «локальная зона». Термин предложен профессором Ленинградского университета Г.Я. Крымгольцем в 1980 г.

объеме здесь) — литологический критерий, и вертикальному распространению аммонитов представителей рода *Turkmeniceras* — палеонтологический критерий.

Однако такие соответствия в пространстве выдерживаются обычно на небольших расстояниях, за пределами которых более или менее значительно расходятся (рис. 2.9).

Помимо разделения стратиграфических единиц по природному качеству определяющих их критериев, существуют и другие принципы их выделения. СК (1992, 2006), развивающий тенденцию «единства стратиграфий», различает подразделения *основные* и *специальные*. Основные выделяются на основании комплекса признаков в связи с тем, что отражают историко-геологические этапы конкретного участка, региона или всей земной коры. Выше было показано, что соответствие проявления различных признаков возможно обычно лишь на ограниченной площади. Какому же критерию при расхождении их отдать предпочтение при реальном прослеживании стратона? В СК (1992) говорится, что для подразделений планетарного значения ведущими для докембрия являются изотопно-геохронометрические данные, для фанерозоя — биостратиграфические, для четвертичной системы — био- и климатостратиграфические.

Изотопно-геохронометрические данные — это цифры, отражающие скорости полураспада радиоактивных элементов в породе. Помимо того, что это ненаблюдаемый признак и потому при полевых работах неприемлемый, он еще и количественный (с обязательной к тому же ошибкой метода). Следовательно, он не разделяет различные качества и по этой причине вряд ли может считаться стратиграфическим. Принимая в качестве ведущего критерия биостратиграфический, мы должны быть уверенными в соответствии временного распространения руководящих биофоссилий на поверхности если не всей, то во всяком случае большей части планеты. Но присутствие определенных органических остатков контролируется фациальными и тафономическими условиями, а значит, даже теоретически не может быть одинаковым в разных местах. Как же использовать этот признак повсеместно? Наконец, климатостратиграфический критерий устанавливается на основании литологических или палеонтологических признаков и поэтому также не может применяться самостоятельно в практике стратиграфических исследований[1].

Стратоны регионального распространения отличаются от планетарного лишь площадью своего использования, и потому к ним в полной мере можно отнести все замечания, сделанные к последним.

Что же касается стратонов, характерных для отдельных разрезов или частных участков поверхности Земли, то СК (1992) утверждает

[1]Логично поэтому, что в СК Северной Америки (1983), Международном стратиграфическом справочнике (1978), сокращенной его версии (2002) и International Stratigraphic Guide (1994) категория климатостратиграфических подразделений отсутствует.

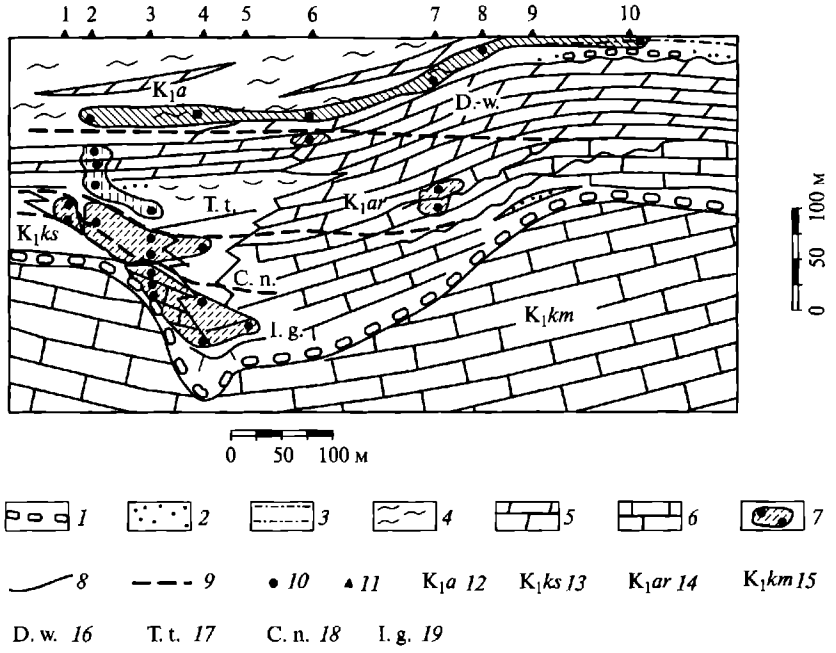


Рис. 2.9. Соотношения стратонов разной природы в нижнем мелу Копетдага:

1 — конгломераты; *2* — песчаники; *3* — алевролиты; *4* — глины; *5* — мергели; *6* — известняки; *7* — биостратиграфические зоны; *8* — границы литостратонов; *9* — границы биостратонов; *10* — места находок биофоссилий; *11* — положение изученных разрезов; *12* — аптский ярус; *13* — казанджикская свита; *14* — арвазская свита; *15* — кумдагская свита; *16* — хронозона Deshayesites weissi; *17* — лона Turkmeniceras turkmenicum; *18* — лона Colchidites nisorismindensis; *19* — лона Imerites giraudi

преимущественное значение для их выделения «фациально-литологических или петрографических особенностей». Другими словами, это прежде всего литостратиграфические подразделения со всеми присущими им свойствами (см. выше).

«*Специальные* (выделено мною — *В. П.*) стратиграфические подразделения являются единицами частного обоснования...» (СК, 1992. — С. 24), т.е. выделяются на основании распространения какого-то одного признака. Несмотря на то что в настоящее время категорий таких единиц выделяется много в соответствии с использованием в стратиграфии все большего количества методов (и число их неизбежно будет расти), все они отражают какие-то частные выражения литологических, палеонтологических особенностей или устанавливаются на основании стратиграфических корреляций с избранными эталонами. Поэтому, по сути своей, это лито-, био- или хроностратоны, рассмотренные выше.

Наконец, еще одна проблема связана с тем, что *общие*, *региональные* и некоторые специальные подразделения рассматриваются многими стратиграфами, особенно сторонниками тенденции «единства стратиграфий», и в СК (1992) в качестве историко-геологических (этапных), отражающих стадии развития земной коры или ее части. При этом ранг подразделения определяется значением данного этапа в геологической истории. В связи с этим следует остановиться на проблеме места стратиграфии в процессе общих геологических исследований.

2.9. Основные задачи и цели стратиграфии и ее место в процессе геологических исследований

Определив предмет науки стратиграфии — стратиграфические подразделения, слагающие полный разрез земной коры, попробуем разобраться в том, что же служит ее целью и задачами.

Основной целью стратиграфии является восстановление первичной (исторической) пространственно-временной последовательности распространения стратонов в земной коре. Другими словами, построение «пространственно-временно́й сетки» для литосферы или интересующей части ее пространства (складчатой области, платформы, плиты, антеклизы или др.), «ячейки» которой будут заполнять генетическими, тектоническими, историко-геологическими и другими сведениями.

Для того, чтобы «сетка» была достоверной, она должна быть максимально независимой и объективной, опираясь, по возможности, на существующие факты и обходясь максимально без их интерпретации. Последнее — удел менее частных наук.

Стратиграфия — наука измерительная, выясняющая в специфических единицах пространственно-временные (стратиграфические) соотношения и сравнения подразделений разреза между собой или с эталонами (стратотипами).

Для получения такой цели *основными задачами стратиграфии* служат: 1) расчленение разреза на составные части (стратоны) на основании различий вещественных, палеонтологических или хронологических данных; 2) стратиграфическая корреляция — сопоставление частных последовательностей стратонов (построение стратиграфических схем) с последовательностями эталонных стратонов — шкалами.

Приведенные определения цели и задач стратиграфии вступают в некоторые противоречия с существующими представлениями. В ряде учебников, учебных пособий, монографий и статей они рассматриваются значительно шире. В основном, кроме выяснения пространственно-временной последовательности геологических образо-

ваний в земной коре, считается, что в их задачу входит периодизация геологической истории Земли, выделение историко-геологических этапов, а также очередность геологических событий разного масштаба. Подобное требование к целям и задачам стратиграфии содержалось в определении науки в работах О. Шиндевольфа (1960, 1975), Проекте СК СССР (1970), сводке Г. П. Леонова (1993) и др. Сохранились они и в отмеченных в Предисловии учебниках самого последнего времени.

А. В. Попов (2003) считает, что стратиграфия «изучает геологический процесс». Ю. Б. Гладенков (2004) видит одну из главных задач стратиграфии в разработке хронологической шкалы для датирования геологических событий (с. 7). И дальше — стратиграфия все больше переходит к «расшифровке естественной этапности геологического развития Земли, тренда и последовательности геологических событий разного масштаба» (с. 23). Отсюда главная цель науки — «естественная периодизация геологической истории Земли (в том числе биосферы)» в виде построения шкал и схем (п. 1.4, с. 7).

Как и А. В. Попов, Ю. Б. Гладенков рассматривает стратиграфию почти синонимом исторической геологии, а стратоны — выражением определенных событий или процессов. Но если стратиграфия является основой исторических построений, выясняющая пространственно-временную последовательность объединений горных пород в ряде конкретных разрезов земной коры, то задачи исторической геологии значительно шире[1]. Они касаются создания общей картины эволюции самых разных процессов прошлого: тектонических, географических, биологических и других, на основе интерпретации (часто неполной, довольно субъективной) изучения литологических, геофизических, геохимических и прочих особенностей исследованных горных пород отдельных пространств или всей Земли. Как события, так и процессы мы воссоздаем по их результату, что далеко не всегда возможно однозначно. Ведь один и тот же результат может выражать проявление разных событий (песчаник возникнет как в пустыне в результате эоловых процессов, так и на морском пляже, как образование приливно-отливной прибрежной зоны моря). К тому же стратиграфические шкалы, во всяком случае ССШ и ОСШ, являются отнюдь не главным результатом стратиграфических исследований, а следствием договоренности специалистов, отражающих точку зрения большинства на последовательность и объемы эталонных (стратотипических) единиц.

Принятая в настоящем учебнике точка зрения позволяет теперь определять место стратиграфии в любых комплексных геологических исследованиях. Этот вопрос ранее практически нигде не рассматри-

[1] В. Т. Фролов (2004) определяет историческую геологию как науку, которая исследует «состав, строение, происхождение и историю земной коры и Земли в целом для реконструкции конкретных этапов ее эволюции» (с. 66).

вался, а нам он представляется достаточно важным для понимания значения науки среди других геологических знаний.

Стратиграфия представляет едва ли не самый начальный этап проведения большинства геологических исследований. Именно она занимается выделением качественно различающихся толщ и выяснением их взаимоотношений для установления первичной их очередности. При картографических работах необходимо вначале разработать легенду строящихся карт, которая и составляется на основании выделенных стратонов или их объединений. Итогом данного этапа исследований в общем случае является стратиграфическая схема, в зависимости от целей исследований скоррелированная с ССШ, ОСШ или региональной стратиграфической шкалой. И в производственных отчетах, в региональных монографиях глава «Стратиграфия» или «Стратиграфические исследования» следует непосредственно за сугубо вводными разделами, предваряя специальные главы, посвященные строению, генезису, положению обогащенных полезными компонентами участков и др.

История геологического развития (района, региона, континента и др.) завершает комплексное исследование, рассматривая в хронологическом порядке результаты всех проведенных по данной проблеме (региону) исследований. В ней выделяются историко-геологические этапы на основании интерпретации процессов и событий. Этот раздел завершает геологические отчеты и монографии. Поэтому целью собственно стратиграфии или стратиграфии s.s., как представляется нам, не может быть восстановление или расшифровка геологической истории и выделение ее этапов.

2.10. Стратиграфические термины

«***Стратиграфическая терминология*** — это совокупность терминов, используемых в стратиграфии» (СК, 1992. — С. 15). Она достаточно специфична, и владение ею необходимо прежде всего для взаимопонимания с коллегами.

«***Стратиграфическая номенклатура*** — совокупность названий стратиграфических подразделений» (СК, 2006. — С. 15).

«***Таксономическая шкала*** в стратиграфической классификации — совокупность таксономических единиц (таксонов), расположенных в порядке иерархической соподчиненности, т.е. по рангу» (СК, 2006. — С. 15). *Таксоном* в данном случае называется стратиграфическое подразделение, находящееся в определенной ранговосоподчиненной системе. Например: система — отдел — ярус или комплекс — серия — свита. Каждый член системы содержит целое число таксонов более низкого ранга, не менее двух. Так, система объединяет два, три, четыре отдела; комплекс может состоять из двух и более целых свит. При этом границы таксона любого ранга всегда

должны соответствовать границам таксона самого низкого ранга этой системы (подошва эратемы проводится по основанию нижней хронозоны самого нижнего яруса).

2.11. Стратиграфические шкалы

Понятие «*шкала*» в смысле, подходящем к рассматриваемому случаю, Энциклопедический словарь определяет как «систему величин, принятых для измерения и оценки той или иной величины (например, шкала твердости, шкала заработной платы)» (1955. — Т. 3. — С. 640).

Любая шкала представляет собой выражение системы измерения определенных свойств или качеств, служащей для установления размерности этих свойств или качеств в любых их проявлениях. Она образована рядом рангово-соподчиненных единиц, из которых одно является основным, соответствующим своему конкретному эталону, и производных, составляющих целую сумму основного (более высокого ранга) или целую его часть (более низкого ранга). Например, метрическая шкала служит для измерения длины. Основная единица ее — метр, он соответствует своему эталону (брусу из сплава платины (90 %) и иридия (10 %), хранящемуся в г. Севре (Франция) в Международном бюро мер и весов, длиной $\sim 1 \cdot 10^7$ четверти длины Парижского меридиана); производные единицы — километр — 1 000 м; дециметр — 0,1 м; сантиметр — 0,01 м; миллиметр — 0,001 м.

Стратиграфическая шкала — инструмент определения стратиграфического положения интересующего геологического объекта в максимально полном разрезе земной коры, региона или какого-то типа разреза в единицах, отражающих специфику данной шкалы, а также измерения и сравнения между собой геологических объектов.

В мировой геологической практике используется *Стандартная* (*Международная*) *стратиграфическая шкала* (*ССШ*), представляющая собой идеально полный разрез земной коры без пропусков и перекрытий, выраженный в рангово-соподчиненных единицах. Основным подразделением ее в настоящее время признан *ярус*; целая сумма ярусов образует производные подразделения: *отдел* (*серию*), *систему*, *эратему*, *эонотему*.

ССШ — это искусственная конструкция, эмпирически созданная МКС и утвержденная 31-й сессией МГК в г. Рио-де-Жанейро в августе 2000 г. для определения стратиграфического положения стратонов любых категорий и видов.

Региональная стратиграфическая шкала (РСШ) отражает идеально полный разрез в пределах значительного пространства земной коры относительно однородно построенного. Она объединяет горизонты и их части. При этом под *стратиграфическим регионом*

предлагается понимать часть пространства земной коры, в пределах которой прослеживаются единицы одной РСШ. Последние являются хроностратиграфическими подразделениями и устанавливаются только на основании корреляции со стратотипами, поэтому площадь использования одной РСШ может меняться по мере накопления стратиграфических данных. В общем преобладают тенденции к расширению стратиграфических регионов.

Общая стратиграфическая шкала (ОСШ) — этот термин предложен в первом проекте СК СССР (1970 г.). В СК 2006 г. он определен как «совокупность общих стратиграфических подразделений (в их полных объемах, без пропусков и перекрытий), расположенных в порядке их стратиграфической последовательности и таксономической подчиненности. Она служит для определения стратиграфического положения подразделений всех других категорий и видов». ОСШ, утвержденная МСК России, обязательна для использования в Российской Федерации (для территории России или СНГ — *В. П.*). ОСШ составлена стратиграфическими подразделениями, традиционными для российской геологии. От ССШ она отличается наличием большего количества рангов (акротема, эонотема, эратема, система, отдел, ярус, хронозона или раздел, звено, ступень), а также составом стратонов некоторых ее частей — докембрия, кембрия, ордовика, карбона, перми, квартера.

ОСШ не является и региональной, так как служит эталоном многих РСШ, составленных для всех стратиграфических регионов Северной Евразии (территории СНГ) всего стратиграфического диапазона земной коры. Подобную систему стратиграфических единиц для ряда регионов административного подразделения автор настоящей книги предлагал называть *межрегиональной стратиграфической шкалой*. Аналогичные построения имеются у ряда стран или союзов (Южной Африки, Австралии, Китая, Новой Зеландии и др.).

СК (2006) допускает также выделение специальных стратиграфических шкал (ССШ), образованных таксономически подчиненными стратонами, основанными на каком-то конкретном признаке, в порядке их стратиграфической последовательности: магнитостратиграфическая, циклостратиграфическая ССШ и т. д.

«*Стратиграфическая схема* — графическое выражение временны́х и пространственных соотношений местных и (или) региональных (и общих — *В. П.*) стратонов, составляющих полный или частичный разрез (например, одной системы или эратемы) определенного участка земной коры и скоррелированных с ОСШ» (СК, 2006. Приложение 4).

Кроме приведенных выше типов стратиграфических шкал в СК (1992; 2006) приведены определения еще нескольких, знакомство с некоторыми из них полезно для интересующихся стратиграфией.

Таксономическая шкала — совокупность таксономических единиц, расположенных в порядке иерархической подчиненности, т. е. по рангу (СК, 2006. — С. 15).

СК (2006) предлагает выделять *Стандартную зональную шкалу* (Стандартную биостратиграфическую зональную шкалу, СЗШ). Это статистически достоверная (на данное время) последовательность биостратиграфических зон широкой прослеживаемости, т.е. шкала, по своему корреляционному потенциалу превышающая потенциалы зональных последовательностей типовых районов ярусов и более надежная для провинциальных (областных, поясных) и потенциально глобальных корреляций. СЗШ могут быть разработаны по разным группам организмов и состоять из выбранных стратиграфических интервалов провинциальных биостратиграфических шкал в объемах системы, отдела или нескольких ярусов. При выделении нескольких параллельных шкал одна из них может быть принята в качестве приоритетной (СК, 2006. — С. 16).

А. И. Жамойда предложил понимать под *биостратиграфическими зональными шкалами* «стратиграфические последовательности биозональных подразделений (без временных пропусков и перекрытий), географическое распространение которых охватывает палеобиогеографические области или провинции (подобласти, подпровинции) или является планетарным. Шкала должна состоять из таксонов одной группы организмов. Желательно, чтобы смежные зоны отвечали требованиям смыкаемости и (или) преемственности в составах палеонтологических таксонов» (А. И. Жамойда, 2007. — С. 47).

Стоит при этом помнить, во-первых, что биостратиграфические зоны имеют диахронные границы, а если СЗШ предназначена для корреляции, то это должны быть хроностратиграфические зоны, образованные при сопоставлении с частными разрезами биостратиграфических зон. Во-вторых, СЗШ могут соответствовать определенным системам, отделам или нескольким ярусам при условии точной корреляции их оснований и кровель ТГСГ соответствующих общих стратонов. В противном случае, если такие доказательства по каким-то причинам отсутствуют, СЗШ представляют собой межрегиональные построения, и они соответствуют межрегиональным стратонам более высокого, чем бывшая лона, ранга.

Геохронологическая шкала — последовательный ряд геохронологических эквивалентов общих (или стандартных — *В. П.*) стратиграфических подразделений в их таксономической последовательности (СК, 2006. — С. 16).

Шкала геологического времени (*геохронологическая шкала*) — последовательный ряд датировок нижних границ общих (или стандартных — *В. П.*) стратиграфических подразделений, выраженных в годах и вычисленных с помощью изотопных и других методов (там же).

Представляется, что последние два определения не имеют прямого отношения к стратиграфии, хотя тесно с ней связаны и являются или производными от стратонов, или их частными выражениями.

Глава 3

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СТРАТИГРАФИИ

В основе стратиграфии, как и любой науки, лежит несколько положений, которые некоторые специалисты считают *законами*, а другие называют *принципами*.

Закон, согласно определению в Кратком философском словаре (1954. — Т. I. — С. 172) является «выражением существенной необходимой связи между причиной и следствием, обуславливающей определенное закономерное развитие явлений». В. И. Даль дает более образное определение закона: «(чем дело закончено) предел, постановленный свободе воли или действий, неминучее начало, основание; правило, постановление высшей власти» (Толковый словарь, 1956. — Т. 1. — С. 588).

Однако в геологии строгому пониманию законов (общенаучных законов естествознания: физики, химии, термодинамики и др.) подчиняются лишь ее вещественные и сугубо прикладные направления — кристаллография, минералогия, инженерная геология и некоторые другие. В остальной, большей ее части вследствие огромного все неизбежно растущего разнообразия и взаимодействия фактов, а также недостаточности наших знаний о глубинных процессах Земли создать законы не удастся. По мнению профессора В. Т. Фролова, «в собственно геологии не будут открыты законы такой же строгости, универсальности, общности и постоянства, которыми вооружены точные науки, и что в геологии законы не будут играть такую же определяющую роль и служить обязательными критериями научности и зрелости, а также залогом успешных поисков месторождений полезных ископаемых» (В. Т. Фролов, 2004. — С. 12). Мы присоединяемся к этой точке зрения.

Понятие «принцип» В. И. Даль определил как «научное или нравственное начало, основание, правило, основа, от которой не отступают» (Толковый словарь, 1956. — Т. IV. — С. 431). Логический словарь (1971) определяет принцип как «основное положение, исходный пункт, предпосылку какой-либо теории, концепции».

Принципиальные положения стратиграфии, как и большинства естественных наук, имеют столь большое количество исключений, что вряд ли представляют собой объективные законы. Законами их называли Д. Л. Степанов и М. С. Месежников (1979), а также А. И. Жамойда

в «Практической стратиграфии» (1984). Скорее это принципы, сформулированные главным образом эмпирически. К. В. Симаков перечисляет около 25 таких принципов, или законов.

В повседневной деятельности стратиграф пользуется несколькими принципами. Среди них можно выделить (1) собственно стратиграфические принципы, применимые преимущественно к нашей науке, и некоторые частные случаи из них; (2) седиментологические, используемые при изучении осадочных пород и их генезиса, (3) общегеологические или даже свойственные всему естествознанию.

3.1. Общегеологические принципы

Принцип актуализма (Ч. Лайеля) впервые четко сформулирован автором в его основном труде «Принципы геологии» (1830—1833), хотя подобные идеи высказывались еще древними греками, а позже Н. Стеноном, Г. Фюкселем, Дж. Гёттоном, И. В. Гёте и многими другими учеными.

«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 изменения» (цит. по: Д. П. Степанов, М. С. Месежников, 1979. — С. 33). Этот принцип все шире используется во многих областях знаний, ибо происходящие в настоящее время процессы и их результаты позволяют составить общее представление о характере и структуре событий, происходивших в далеком прошлом.

Однако не следует ставить знака полного равенства между современностью, предшествующими этапами и возможным будущим. Каждый отрезок истории нашей планеты характеризовался своими особенностями, не повторяющимися в полной мере в дальнейшем. Поэтому сходные результаты (например, одинаковые горные породы, тектонические структуры, экологические сообщества и т. п.) могли возникнуть (и, скорее всего, возникали) в неодинаковых условиях и под воздействием более или менее отличающихся процессов.

Отождествление процессов, событий и их результатов настоящего, прошлого и, таким образом, признание будущего было широко распространено в геологии (и вообще в естествознании) в XIX в. и в начале XX в. Это направление, называемое *униформизмом* (или *униформитарианизмом*, по К. В. Симакову, 1997), сформулировал Ж. Бюффон: «...чтобы судить о том, что произошло, и даже о том, что произойдет, надо лишь исследовать то, что происходит» (цит. по: К. В. Симаков, 1997. — С. 42). Это направление основывалось на: 1) признании специфичности и единообразия геологических процессов на всем протяжении существования нашей планеты; 2) представлении о большой длительности и непрерывности процессов формирования планеты; 3) выводе о значительных итогах суммиро-

вания множества малых изменений в течение геологического времени. Следование униформизму по своей сути отрицает развитие, эволюцию и, следовательно, неизбежно приводит к существеннейшим ошибкам. Принцип актуализма широко используется в самых разных науках: геологии, биологии, истории и т.д. Он является общеметодологическим.

Принцип необратимости геологической и биологической эволюции был разработан Ч.Дарвином и отражен в его знаменитом труде «Происхождение видов», но четко сформулирован Л.Долло в 1893 г.: «Организм не может вернуться даже частично к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков» (цит. по: К.В.Степанов, М.С.Месежников, 1979. — С. 168). Поэтому в ряде работ данный принцип называют законом Дарвина—Долло, или правилом Долло. Он безусловно имеет самый общий характер и представляет собой одну из форм выражения закона отрицания отрицания, раскрывающего общую тенденцию развития материального мира. К.Маркс сформулировал его так: «Ни в одной области не может происходить развитие, не отрицающее своих прежних форм существования» (цит. по: К.В.Степанов, М.С.Месежников, 1979. — С. 44).

Этот общенаучный принцип буквально пронизывает всю геологию, находя подтверждение в эволюции магматизма, литогенеза, геохимии, тектогенеза и т.д. В.М.Синицын писал: «весь геологический опыт свидетельствует о едином поступательном процессе развития земной коры, отражающем исторические изменения термодинамического режима планеты» (В.М.Синицын, 1972. — С. 139).

Частным случаем принципа Долло является ***принцип палеонтологической сукцессии*** (Жиро-Сулави — В.Смита). Этот принцип практически впервые был применен В. Смитом, создавшим на нем биостратиграфию. Однако за сто с лишним лет до него аббат Жиро-Сулави в 1779 г. эмпирически довольно наивно сформулировал основные положения этого принципа: «Залегание друг над другом различных известковых толщ; их последовательное формирование под водами океана. Эпохи различных ископаемых соответствуют слоям, которые их содержат... Мы видим теперь, что хронологический порядок различных царств согласуется с последовательностью залегания и сравнительным возрастом каждого слоя» (цит. по: К.В.Степанов, М.С.Месежников, 1979. — С. 60). Более четко данный принцип сформулировал Дж.У.Энтони (Anthony, 1955): «Ископаемые фауны и флоры следуют друг за другом в определенном, могущем быть выясненном порядке». Таким образом, принцип Жиро-Сулави — Смита является еще подсознательным представлением о необратимости биологической эволюции и в настоящее время имеет преимущественно историческое значение.

Принцип неполноты стратиграфической и палеонтологической летописи (Ч.Дарвин). Как указывает К.В.Симаков (1997), автором данного принципа является Ч.Лайель. В своем труде «Основ-

ные начала геологии» (1866) Ч. Лайель писал: «...в твердом остове земного шара мы имеем хронологическую цепь естественных событий, и в этой цепи недостает многих звеньев; внимательное рассмотрение всех явлений приводит нас к заключению, что эти ряды и первоначально были неполны, что от времени сделались еще более неполными». И дальше: «...сохранение каких бы то ни было животных и растительных остатков всегда составляет исключение из правила... Поэтому можно сказать, что наши познания о живых тварях какого-нибудь данного периода в прошлом в значительной степени зависят от того, что мы обыкновенно называем случаем» (цит. по: К. В. Симаков, 1997. — С. 23). По мнению К. В. Симакова, Ч. Дарвин ассимилировал и развил идеи Ч. Лайеля о неполноте геологической летописи, поэтому данный принцип следует именовать принципом Лайеля—Дарвина. Д. Л. Степанов и М. С. Месежников формулируют его следующим образом (1979, с. 37): «Стратиграфическая летопись в виде толщ горных пород земной коры является неполной, т. к. более или менее значительная часть геологического времени в каждом конкретном разрезе не отражена в напластованиях и приходится на перерывы».

Рассматриваемый принцип констатирует практическое отсутствие непрерывных разрезов в литосфере, отражающих весь ход геологической истории нашей планеты. Большинство слоев осадочной оболочки ограничены более или менее значительными перерывами, которые соответствуют времени ненакопления осадочного материала. Наши представления о наличии в том или ином разрезе полного объема системы, яруса или даже зоны являются в большинстве случаев абстрактными, ибо в нем почти всегда развиты разной степени четкости перерывы. Действительно непрерывные разрезы, наиболее характерные для глубинных обстановок океанического дна, охватывают обычно лишь небольшие этапы геологической истории. Поэтому не следует делать непосредственные заключения о реальной продолжительности накопления той или иной толщи, исходя только из ее мощности или анализа развитых в ней органических остатков, как это иногда делается. По оценкам многих крупных специалистов, в земной коре запечатлено всего 10—25 % времени ее формирования (С. Н. Бубнов, 1960; Д. В. Наливкин, 1969, 1974; и др.). Профессор Санкт-Петербургского университета В. Н. Шванов (1992) указывал, что в разрезе саблинской свиты среднего кембрия под Санкт-Петербургом «отразился осадочный процесс общей продолжительностью чуть более 100 суток, а остальное время — десятки миллионов лет — тратились лишь на геологические перерывы». Все это является следствием того, что сам процесс седиментации *непрерывно-прерывный*, и создание слоистой оболочки литосферы невозможно без остановок породообразования. Именно потому так трудно, а часто и невозможно установить геологические разрезы, отвечающие современным требованиям к стратотипам хроностратонов. В связи с этим

МКС решила большее значение при создании МСШ придавать ТГСГ (а не стратотипам), в результате чего последняя все более становится искусственной, собственно стандартной конструкцией.

Однако образование перерывов в породообразовании связано не только с процессом седиментации. Крупный стратиграф из Казахстана А. М. Садыков (1974) отмечал, что эволюция, наряду с осадконакоплением и магматической деятельностью, включает в себя процессы литификации и кристаллизации, без которых невозможно образование геологических тел. Причем последние являются гораздо более продолжительными и могут вызывать дополнительные перерывы.

Фрагментарность наших знаний о прошлом относится отнюдь не только к области геологии, но и к стратиграфии, в частности. Столь же (если не более) неполной является палеонтологическая летопись (см. ниже), археологическая, вообще историческая и др. К. В. Симаков предложил следующую формулировку данного общего закона (1997, с. 31): «статистические системы исторической (s. l.)[1] летописи представляют собой случайно сохранившиеся протоколы состояний некогда существовавших динамических (s. l.) систем и являются статическим результатом их автономного развития и взаимодействия с существовавшими с ними системами и процессами».

Вместе с тем, из данного закона вытекает еще одно следствие, чрезвычайно важное для исследователя любой истории. Тщательное изучение любого объекта всегда может принести совершенно новые данные, имеющие сплошь и рядом принципиальное значение. Достаточно вспомнить раскопки Шлимана, берестяные грамоты Великого Новгорода и т. п. Поэтому, проводя геологические исследования, нельзя формально проходить обнажения, даже очень похожие на эталонные. К сожалению, в процессе геологической съемки исполнители часто ограничиваются лишь формальной фиксацией развития того или иного элемента разработанной легенды без тщательного его описания. То же касается и других видов геологических работ.

3.2. Седиментологические принципы

Принцип фациальной дифференциации одновозрастных отложений (А. Грессли — Э. Реневье) сформировался как следствие появления понятия «фация», установленного А. Грессли в 1836 г. В отличие от господствовавших до того времени представлений А. Г. Вернера о том, что облик горных пород есть функция времени, А. Грессли показал, что конкретная толща однообразных формирований отражает комплекс условий ее накопления и что, как

[1] s. l. (s. lato), sensu latiore, sensu lato — в широком смысле, в более широком смысле.

сейчас в одно и то же время на поверхности Земли существуют разнообразные условия и в них формируются различные по многим параметрам осадки, так же было и в геологическом прошлом. Позже идеи А. Грессли были развиты швейцарцем Э. Реневье, и потому Д. Л. Степанов предложил дать этому принципу имена обоих ученых.

«Одновозрастные отложения претерпевают в горизонтальном направлении фациальные изменения, обусловливающие существенные различия их литологического состава и палеонтологической характеристики» (Д. Л. Степанов, 1967).

Данный принцип имеет седиментологическую природу, но чрезвычайно важен для стратиграфа. Он предостерегает от поспешных заключений об одновозрастности отложений на основании сходства присущих ему признаков (не только литологических и палеонтологических, но и структурных, геохимических, геофизических и др.). При проведении корреляции одновозрастность геологических образований каждый раз должна доказываться анализом комплекса признаков, независимо от того, с внешне сходными или различающимися формированиями мы имеем дело.

Еще одно положение, основанное на седиментационных закономерностях, может иметь важное значение при стратиграфических исследованиях. Это ***принцип*** (по Д. Л. Степанову, 1967) ***возрастной миграции граничных поверхностей супракрустальных геологических тел*** (Н. А. Головкинский). Наш соотечественник Н. А. Головкинский в 1868 г. установил, что «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».

Настоящее положение, как и принцип Грессли—Реневье, предостерегает исследователя от абсолютизации литологических признаков при корреляции отложений. Д. Л. Степанов (1967) формулирует его так: «Граничные поверхности геологических тел не являются вполне изохронными на всем протяжении, причем градиент возрастной миграции этих поверхностей возрастает в направлении, перпендикулярном береговой линии бассейна седиментации, и уменьшается в направлении, параллельном последней».

Отмеченная закономерность действительно широко проявляется в строении самых разных регионов и в последнее время хорошо изучена, особенно в связи с поисками и исследованием угленосных, нефтегазоносных, карбонатных и красноцветных отложений. А. В. Попов в своем учебном пособии придает принципу Н. А. Головкинского исключительно важное значение, считая, что именно он обосновывает отличие хроностратиграфического подразделения от лито- и биостратиграфического.

Не все согласны признавать выводы Н. А. Головкинского принципом. С серьезной критикой в этом направлении выступил С. В. Мейен,

писавший, что часто именно литологические поверхности изохронны, и потому нельзя согласиться с тем, что, принимая принцип Н. А. Головкинского, специалисты «раз и навсегда сводят к минимуму вес литологических признаков» и хронологию к биохронологии. (Справедливости ради стоит отметить, что так же, как литологические уровни, мигрируют слои с одинаковыми органическими остатками, особенно бентосного образа жизни.) Вряд ли есть более надежные изохронные уровни, чем тончайшие слои бентонитовых глин и некоторых других образований. Вероятно, положение Н. А. Головкинского справедливо лишь для большинства слоев, образующихся по причине колебательных движений. Слои, возникающие в результате турбидитных потоков и других быстро действующих (катастрофических) факторов, не подчиняются этому принципу.

Наконец, для того чтобы установить положение береговой линии и очертания палеобассейна, необходимо провести фациальный и палеогеографический анализы — более поздние стадии геологического исследования, чем стратиграфия. Поэтому, совершенно справедливый вывод А. В. Попова о несоответствии стратонов разной природы может базироваться на заключении Н. А. Головкинского лишь частично.

Учитывая все изложенное выше, мы предлагаем считать положение Н. А. Головкинского *правилом*, имеющим многие ограничения.

3.3. Собственно стратиграфические принципы

Принцип последовательности напластования геологических тел (Н. Стенон) является первоосновой стратиграфии, ибо постулирует возможность установления первичного пространственно-временного соотношения слоев — главной задачи этой науки. Сам Н. Стенон рассматривал это положение в качестве основного тезиса своей общей гипотезы. В русском переводе он звучит так: «Если твердое тело со всех сторон окружено другим твердым телом, то из двух тел первым затвердело то, которое при взаимном соприкосновении дает отпечаток особенности своей поверхности на поверхности другого» (цит. по: К. В. Симаков, 1997. — С. 98).

Долгое время формулировка данного принципа принималась в таком виде: «При ненарушенном залегании каждый нижележащий слой древнее покрывающего слоя». Он устанавливает закономерности последовательности формирования геологических тел и тем самым решает первую из двух основных задач стратиграфии — *расчленение разреза*. Часто этот принцип называют ***законом препозиции***, и его долго относили лишь к горным породам осадочного происхождения. Следствием такого понимания стало утверждение многих ученых, что основным предметом стратиграфии являются первично осадочные образования (некоторые считают, что только они).

Однако С. В. Мейен, К. В. Симаков и некоторые другие стратиграфы утверждают, что Н. Стенон предложил свой принцип для любых геологических объектов (магматических проявлений, тектонических структур, кристаллов и т. д.). В этом случае наиболее удачной современной формулировкой следует считать определение С. В. Мейена: «Временны́е отношения раньше/позже между геологическими телами определяются их первичными пространственными отношениями (ниже/выше — дополнение К. В. Симакова) и (или) генетическими связями». В таком виде принцип Н. Стенона представляет более общую, чем чисто стратиграфическую, закономерность.

Принцип гомотаксальности (*принцип Т. Гексли*) (Huxley, 1825—1895). Гомология — соответствие сходных частей, занимающих одинаковое положение в структуре разных организмов (биол.). Гомотаксис, в понимании Т. Гексли, — это сходство по определенным признакам (прежде всего палеонтологическим) отложений, занимающих одинаковое (стратиграфически) положение в разрезах отдельных областей. Данные понятия базировались на представлении Ч. Дарвина о подобной последовательности развития сообществ организмов в различных частях планеты. Для каждой из них характерны свои ряды изменяющихся биоценозов, тем не менее сходные или гомологичные с другими регионами (именно эту концепцию позже блестяще использовал академик Н. И. Вавилов при разработке теории наследственности). Сам Т. Гексли писал: «... одна и та же область земной поверхности последовательно заселялась разнообразными представителями животного мира ... порядок последовательности, установленный в данном районе, приблизительно сохраняется и во всех других районах». И дальше: «Серии походят одна на другую благодаря не только общему сходству органических остатков, но и по порядку и характеру последовательности серий в каждом районе. Существует сходство расположения, так что отдельные члены каждой серии, так же и серии в целом, находятся в соответствии» (цит. по: К. В. Симаков, 1997. — С. 101).

Цитирование достаточно ясно показывает, что Т. Гексли гомологичными считал не только последовательности органических остатков, но и сами породы, на что обратил внимание С. В. Мейен в 1974 г. А. И. Жамойда предложил следующую формулировку рассматриваемого принципа: «Стратиграфическая корреляция конкретных разрезов, если непосредственное прослеживание невозможно, осуществляется сопоставлением гомотаксальных, т. е. идентичных, последовательностей признаков, в том числе следов обстановок и событий прошлого» (Практическая стратиграфия, 1984. — С. 12).

В такой трактовке принцип Т. Гексли приобретает более широкий, нежели чисто биостратиграфический, характер и служит основанием для решения второй из основных задач стратиграфии — *стратиграфической корреляции*. С помощью этого принципа учитывается возможность неодинакового стратиграфического положения близких

последовательностей биофоссилий в разных регионах и одновременно обосновывается коррелируемость отложений при получении доказательств стратиграфического значения какого-либо признака, характеризующего разрез. Он исключает формальное использование любого сходного признака (палеонтологического, литологического, геофизического, тектонического и др.) в качестве доказательства стратиграфической синхронности (А. И. Жамойда, 1984).

Сам Т. Гексли гомологичными считал не тождественные, идентичные последовательности признаков, а сходные, однопорядковые (К. В. Симаков, 1997). Больше того, он считал, что эволюция — медленный постепенный процесс и потому полная аналогия — не синхронность. Он даже предложил ***постулат (или правило Гексли)***: «тождественные фауны разных мест не могут быть одновременными».

Отметим, что обычно специалисты признают постулат, но пользуются принципом. Если же пользоваться только постулатом, то необходимо признать или невозможность стратиграфической корреляции, или ее крайнюю относительность.

Частным случаем принципа Гексли является принцип, который мы предлагаем называть ***принципом А. Г. Вернера*** «Одинаковые по составу (облику) горные породы одновозрастны» (Г. С. Бискэ, В. А. Прозоровский, 2001). В редакции Б. П. Жижченко он звучит как «положение Вернера»: «Литологически сходные отложения являются одновозрастными» (цит. по: Общая стратиграфия, 1979. — С. 106). На этом принципе основаны крупномасштабное геологическое картирование, а также геофизические методы корреляции, применяемые в геологии. Однако применение его очень ограничено в пространстве. Он может уверенно использоваться в пределах небольшого, преимущественно геологически просто построенного района (например, части листа геологической карты крупного масштаба).

Другим частным случаем принципа Гексли является едва ли не фундаментальное положение биостратиграфии — «***принцип биостратиграфического расчленения и корреляции***» (В. Смит). Несмотря на то что выводы В. Смита так или иначе приводятся в огромном количестве публикаций, формулировки в них часто значительно различаются. В наиболее общей форме этот принцип определен Д. Л. Степановым и М. С. Месежниковым (1979, с. 59): «Отложения можно различать и сопоставлять по заключенным в них ископаемым».

Дискуссии вызваны не очень четкой формулировкой самого В. Смита (1817): «Сходные слои содержат сходные ископаемые». Соответственно, из нее не ясно, что же определяет сходство (стратиграфические «слои» или «ископаемые»)? Одни стратиграфы придают приоритет «слоям» (А. Н. Криштофович), другие — «окаменелостям» (Л. Л. Халфин). Приведенная И. В. Крутем цитата из одной из ранних работ В. Смита, цитируемая М. Неймайером, достаточно ясно объ-

ясняет позицию ее автора: «Все пласты последовательно осаждались на дне моря, и каждый из них содержит в себе остатки организмов, которые жили (гнили?) во время их образования; в каждом пласте наблюдаются свои собственные окаменелости, и по ним-то, в известных случаях, можно установить одновременность образования пород различных местностей» (цит. по: Д. Л. Степанов, М. С. Месежников, 1979. — С. 58). Следовательно, именно биофоссилии обосновывают корреляцию слоев, а не наоборот.

Данный принцип лежит в основе одного из основных методов биостратиграфии — ***метода руководящих ископаемых***, до сих пор главного при доказательстве синхронности отложений. Однако применение его ограничено фациями, благоприятными для жизни организмов или сохранения их остатков, которые мы считаем руководящими для того или иного интервала ССШ, ОСШ или РСШ (обычно это нормально-морские образования).

Принцип хронологической взаимозаменяемости стратиграфических признаков (С. В. Мейен) впервые был сформулирован автором в 1974 г.: «... хронологически тождественными или взаимозаменяемыми являются такие стратиграфические признаки, которые отражают следы одной и той же геосистемной перестройки. При этом имеется в виду геосистема любого ранга, вплоть до планетарной» (С. В. Мейен, 1974. — С. 34).

А. И. Жамойда дал несколько отличающееся определение данного принципа, более конкретно отражающее его значение и использование: «Различное, частично перекрывающееся площадное распространение и комплексирование стратиграфических признаков обеспечивают их хронологическую взаимозаменяемость, являющуюся основой внутри- и межрегиональной, вплоть до планетарной, корреляции по серии признаков наибольшего веса» (Практическая стратиграфия, 1984. — С. 13).

Принцип С. В. Мейена является основой хроностратиграфической корреляции разнофациальных разрезов. А. И. Жамойда совершенно прав, утверждая, что он давно и всегда применялся при сопоставлении толщ различного состава, генезиса, палеонтологической характеристики и т.д. По сути дела, создание РСШ в результате корреляции входящих в этот регион разрезов, а затем установление соответствия ее или ряда РСШ, ОСШ или ССШ и есть процедура применения принципа хронологической взаимозаменяемости стратиграфических признаков.

Каждое стратиграфическое подразделение представляет собой геологическое тело или какой-то объем горных пород, обладающих разнообразными признаками — минералогическими, литолого-петрографическими, палеонтологическими, структурными, геофизическими и др. Все они в той или иной степени характеризуют стратон, но значение каждого из них неодинаково. Литологический состав, текстура или цвет пород являются главными критериями

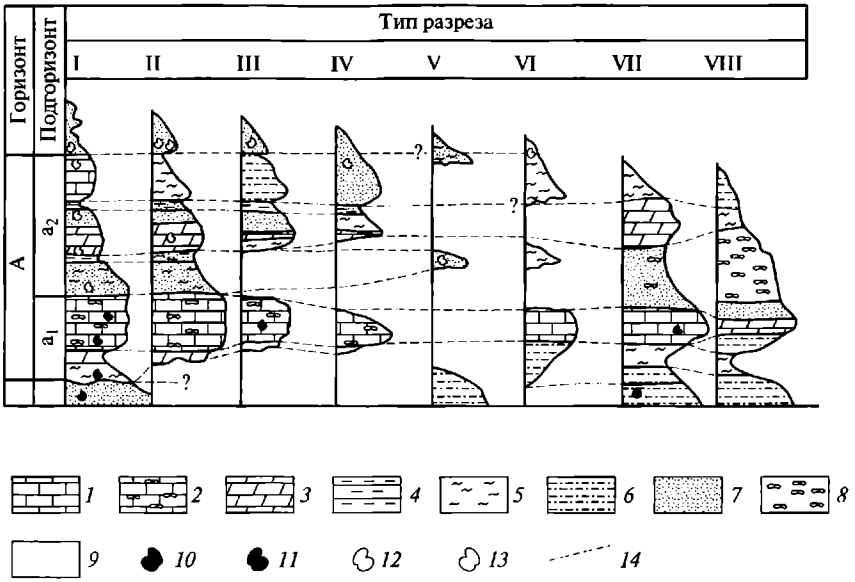


Рис. 3.1. Корреляция различных типов разрезов:

1 — известняки; *2* — известняки с кремневыми стяжениями; *3* — мергели; *4* — аргиллиты; *5* — глины; *6* — алевролиты; *7* — песчаники; *8* — конгломераты; *9* — отсутствие отложений; биофоссилии: *10* — нижние (древние), *11* — подгоризонта a_1, *12* — подгоризонта a_2, *13* — верхние (молодые); *14* — хроностратиграфические уровни

литостратона; систематическим или количественным составом биофоссилий определяется биостратон и т. д. Каждая стратиграфическая единица дискретна в пространстве, она замещается другой, обладающей другими определяющими признаками. Однако в вертикальном разрезе и в пространстве различные признаки стратонов меняются обычно не в одной точке или на одной плоскости, они как бы взаимно проникают друг в друга (рис. 3.1). Искусство стратиграфа заключается в анализе стратиграфического значения каждого из таких «клиньев» и, соответственно, оценке его для установления синхронности сравниваемых стратонов или их частей. При этом в большинстве случаев устанавливается коррелируемость не стратонов целиком, а отдельных уровней — границ подразделений (как в случае установления, например, границы силурийской и девонской систем) или отдельных поверхностей внутри стратона[1]. Недаром в стратиграфических схемах местные подразделения разных граф не совпадают (как правило) с соседними. Именно поэтому вряд ли можно согласиться с С. В. Мейеном, что применение рассматриваемого принципа всегда

[1] Оценка корреляционного значения каждого из признаков стратона и нахождение такого, который обладает максимальной возможностью для корреляции и называется А. И. Жамойдой «признаком наибольшего веса».

является «прослеживанием следов одного события...» (Мейен, 1981. — С. 66). Такие повсеместно проявляющиеся катастрофические события совершаются как исключение (если совершаются вообще). Коррелируя, мы опираемся на реальные материальные породные признаки, проявившиеся на одном стратиграфическом уровне в сравниваемых (смежных) разрезах, затем для следующей пары и т.д. Каждый подобный признак может быть результатом крайне локального события, проявившегося в очень ограниченном пространстве.

Принцип объективной реальности и неповторимости стратиграфических подразделений (Л.Л.Халфин — Д.Л.Степанов). Д.Л.Степанов сформулировал в 1967 г. и ассимилировал два положения Л.Л.Халфина (1960) об объективности стратиграфических подразделений и неповторимости подразделений региональных стратиграфических схем: «Стратиграфические подразделения (стратоны), представляя реальный результат геологических событий, объективно отражают суть этих событий и не повторяются во времени и в пространстве» (Д.Л.Степанов, М.С.Месежников, 1979. — С. 48). Данный принцип обосновывает процедуру выделения стратиграфического подразделения, подчеркивая конкретность и оригинальность каждого, будь то слой или пачка, ярус или акротема.

Не все согласны с тем, что это действительно стратиграфический принцип. С.В.Мейен (1981, с. 59) считает это положение тривиальным следствием философского положения об уникальности и реальности любых природных объектов, взятых во всем комплексе их свойств. В этом утверждении есть резон, так как положение Халфина — Степанова в значительной мере вытекает из принципа Долло.

Тем не менее мы считаем возможным признать принцип объективной реальности и неповторимости стратиграфических подразделений самостоятельным и собственно стратиграфическим. Он постулирует качественную особенность любого стратона и дискретность его, что, как справедливо отмечал А.И.Жамойда (1984), все основные стратиграфические единицы делает равноправными в смысле решения определенных стратиграфических задач.

* * *

В главе рассмотрены основополагающие положения, с которыми постоянно сознательно или бессознательно сталкивается геолог в своей практической деятельности. Нам кажется, что представление об их существовании и использование в работе помогут избежать возможных ошибок в расчленении и корреляции геологических разрезов.

Глава 4

МЕТОДЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Глава посвящается методам расчленения и прослеживания стратонов, выделяемых по различным критериям.

Стратиграфия является основой любого рода геологических исследований. Решение двух ее основных задач — расчленение разреза и его корреляция с другими в пределах интересующей нас площади (вплоть до всей поверхности Земли) — создает фундамент геологической съемки, поисков различного вида минерального сырья, тектонических и палеогеографических построений и т.д. Решение этих проблем осуществляется через выделение стратиграфических подразделений определенных комплексов горных пород и дальнейшие операции с ними. Последние могут быть установлены на основании распространения в пространстве самых разных материальных признаков: вещественных, структурных, палеонтологических, хроностратиграфических и др.

В геологической практике по мере прогресса науки и комплексирования ее с другими науками количество стратиграфических методов постоянно растет, и эта тенденция неизбежно будет усиливаться. Приведем относительно краткие характеристики применяемых методов, остановимся на возможностях каждого и ограничениях его использования (последнее нам представляется принципиально важным).

Основное внимание уделяется трем методам — *литологическому*, *палеонтологическому* (*биостратиграфическому*) и *стратиграфическому* (*хроностратиграфическому*), ибо все остальные представляют их разновидности, основанные на каком-либо частном свойстве.

4.1. Литологические методы

Литологические, или, правильнее, петрографо-литологические, методы являются одними из важнейших. С их применения начинаются практически все стратиграфические исследования. Они основаны на фиксации особенностей горных пород, которые целиком слагают земную кору. Приступая к изучению любого обнажения или

скважины, геолог прежде всего должен выяснить, чем образован данный объект и как соотносятся между собой основные его части. Потому предметом литологических методов являются все горные породы, образующие интересующий специалистов в данное время объект: геологическое тело, его фрагмент, частный разрез, строение какой-то области или региона, последовательность слоев в земной коре и т. д. Однако при решении стратиграфических задач (расчленение и корреляция геологических формирований), основным объектом изучения являются первично слоистые горные породы — осадочные, вулканогенно-осадочные и параметаморфические. Только они подчиняются закону (или принципу) препозиции (s. s.)[1] и позволяют устанавливать их первичную последовательность накопления. (Генетическая последовательность может быть восстановлена только после анализа комплекса геологических качеств.)

Решение основных геологических задач осуществляется на основании изучения вещественных, в общем случае легко наблюдаемых, признаков горных пород (s. l.): минералогического состава, как качественного (наличие определенных минералов), так и количественного (соотношение минералов в комплексе), цвета, плотности, геоморфологической выраженности, текстуры, включений, цикличности др. Именно с выяснения, какими горными породами сложен исследуемый район, геолог начинает знакомство с ним. Во время рекогносцировки устанавливают предварительную видимую последовательность толщ, их выраженность в рельефе и места (обнажения), в которых встречающиеся породы могут быть подробно изучены[2]. Затем производят детальное изучение представленных здесь образований, объединение элементарных составляющих в комплексы, обладающие каким-то общим признаком, — литостратоны, и выясняют их пространственно-временные соотношения.

При проведении крупномасштабных геолого-съемочных (и полевых) работ данный этап включает выработку легенды тех элементов карты, которые затем будут картироваться, и составление местной стратиграфической схемы, т. е. полной вертикальной последовательности литостратонов, слагающих данный регион.

При работе на ограниченном, однообразно построенном участке следующий этап сводится к последовательной корреляции выделенных стратонов с существующими РСШ и ОСШ или ССШ. При исследованиях большей разнородно построенной площади или картировании в более мелком масштабе, включая проведение групповой крупномасштабной съемки, выясняют количество районов, отличаю-

---

[1] s. s. (sensu stricto) — в точном или узком смысле (в противоположность sensu lato — в широком смысле).

[2] Рекогносцировку обычно начинают с визуального обзора строения региона (листа) с возвышенной точки, в идеале с аэровизуальных наблюдений во время облета территории исследования на вертолете или самолете, отмечая особенности района на топографической карте или аэрофотоснимке.

щихся последовательностью литостратонов. Производят корреляцию этих частных разрезов, в результате чего создается региональная стратиграфическая схема — основа средне-, мелкомасштабной или серийной легенды. Выработанную таким образом схему сопоставляют затем с ОСШ, или ССШ, или с разработанной ранее РСШ.

Различные горные породы и разные присущие им признаки играют неодинаковую роль в проведении отдельных этапов стратиграфических исследований. Кратко охарактеризуем возможности использования для этого основных особенностей горных пород осадочного происхождения.

Общий облик горных пород. Этот признак в районе с многочисленными хорошими естественными или искусственными обнажениями (в горных областях, местах активной морской абразии или речной и озерной эрозии) позволяет прежде всего установить развитие толщ определенного состава и представить (обычно предварительно) соотношение их в пространстве. Выяснив, как они выражаются в рельефе, затем уже по форме рельефа можно распространять их и на необнаженную (задернованную) часть территории (рис. 4.1).

Крутые, обрывистые формы рельефа с многочисленными естественными обнажениями обычно образованы карбонатными породами. Вспомним хотя бы обрывистые склоны Крымских яйл на южном берегу полуострова или ордовикский глинт (обрыв) в окрестностях Санкт-Петербурга и далее на южном берегу Балтийского моря в Эстонии.

Обломочные породы, или кластолиты (В. Н. Шванов и др., 1998), вулканогенно-обломочные и параметаморфические, образуют обычно холмистый рельеф с мягкими круглыми формами. Чем более грубый материал преобладает в толще, тем резче склоны холмов и чаще в нем встречаются обнажения. Таковы, например, Пулковские высоты под Санкт-Петербургом.

Алевролитовые и пелитовые породы слагают обычно отрицательные формы рельефа, как правило, очень бедные обнажениями. Примером может служить большая часть Западно-Сибирской плиты.

Следующий признак, по которому могут различаться образования, даже без непосредственного их исследования, издали — это *цвет породы*. Еще проводя рекогносцировку, геолог может наметить части разреза, окрашенные в разные цвета. Так, полигон учебных практик крупнейших геологических вузов Европейской России, Бахчисарайский район в Крыму, при рассмотрении его с одной из вершин, представляет собой преимущественно четыре разноокрашенные площади, располагающиеся с юга на север: широкая полоса коричневато-сиреневой окраски, затем (после зеленой зоны, заросшей кустарниками) коричневая, сравнительно узкая зона и наиболее широкая площадь светлого, практически белого цвета. Эти три зоны довольно прихотливо пересекаются узкой полоской рыжей окраски. После непосредственного знакомства с разрезами действительно убеждаешь-

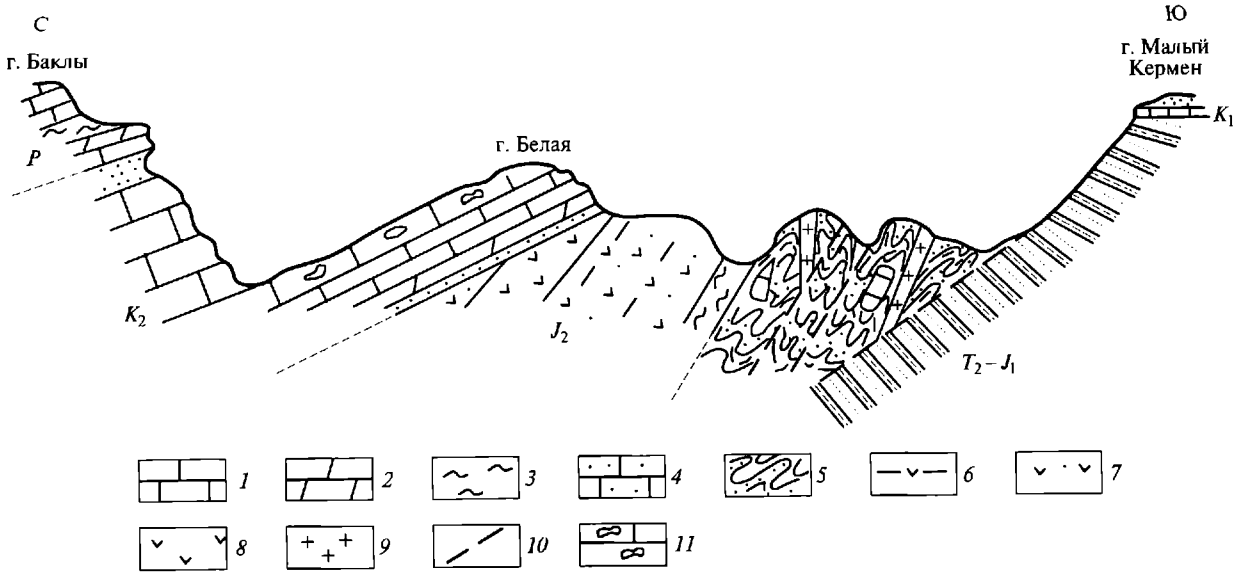


Рис. 4.1. Схематический геологический профиль (Крым, правый берег р. Бодрак, окрестности с. Трудолюбовка):
1 — известняки; *2* — мергели; *3* — глины; *4* — песчаники; *5* — флиш; *6* — вулканогенно-осадочные породы; *7* — туфы; *8* — базальты; *9* — интрузии; *10* — тектонические границы; *11* — известняки с кремневыми стяжениями

ся в том, что это разные литостратоны: на юге — поле развития таврической серии (флиш), в центре — карадагская серия (эффузивно-осадочная), на севере — карбонатная толща верхнего мела-палеогена, а пересекающая названные породы полоса рыжего цвета — полифациальные известняки валанжина-готерива. При более детальном знакомстве отчетливо выделяются черные глины, начинающие карадагскую серию; зеленые глауконитовые песчаники в основании белой верхнемеловой серии; желто-серые обрывы верхней части маастрихтского яруса и т. п. В дальнейшем именно окраска позволяет в ряде случаев картировать отмеченные литостратоны.

Еще более ярким примером могут служить нижнемеловые свиты, выделенные Н. П. Херасковым (1934) в юго-западных отрогах Гиссарского хребта: оранжево-красная — карабильская; кирпично-красная — альмурадская; пестрая, красная с желтыми и зелеными прослоями — окузбулакская и др.

Окраска пород часто сохраняется в почве. Поэтому геологу важно обращать внимание на цвет поверхности, по которой он идет. Это позволяет и при отсутствии обнажений устанавливать распространение литостратонов.

Отмеченные признаки, особенно их выраженность в рельефе и цвет, очень удобны для первичного распознавания литостратонов и в ряде случаев могут служить основанием для выделения последних, но в большинстве случаев для детального расчленения требуется изучение более важных особенностей (см. рис. 4.1).

Минералогический состав. Данный признак наиболее важен при изучении обломочных пород, или кластолитов.

Выделение литостратонов на основании изменения характеристики литологического состава отложений возможно по: *гранулометрическим параметрам* — конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты или чередование любых вышеприведенных разностей; собственно *минералогическому составу* — кварцево-полевошпатовые (аркозы), моно-, олиго-, полимиктовые и др.; *соотношению обломков и цемента* — песчанистые или глинистые гравелиты, пудинги и т. п.; степени *окатанности и сортированности обломков в породе*; *распределению обломков в толще* и другим особенностям элементов обломочных пород. При этом в большинстве своем эти аспекты признака используются в различных сочетаниях (рис. 4.2).

Такой признак, как *текстурные особенности*, *характер слоистости*, успешно можно применять для расчленения самых разнообразных осадочных образований. Если в кластолитах он выступает как один из многих наряду с данными минералогического состава, то для карбонатных, глинистых, соляных, кремнистых и некоторых других пород это свойство следует считать ведущим. Можно различать массивные, параллельно-косослоистые, тонко-, толстослоистые, ясно-, неяснослоистые и т. п. По текстурным признакам выделяют кавернозные, пористые, особым образом выветрелые толщи и толщи,

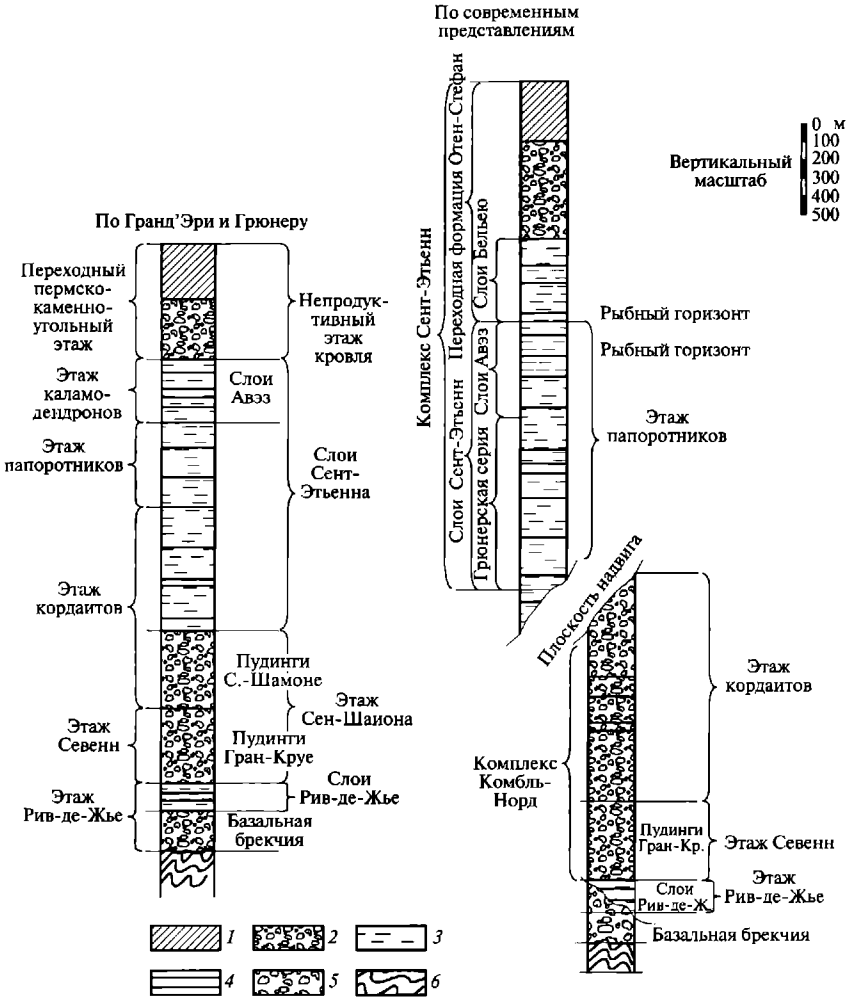


Рис. 4.2. Сводный стратиграфический разрез Сент-Этьенских каменноугольных отложений по Мэстеру, 1964 (Г. П. Леонов, 1973):

1 — красноцветные отложения; *2* — пудинги и конгломераты; *3* — песчано-сланцевые угленосные отложения; *4* — прослои углей; *5* — брекчии; *6* — породы основания

обладающие определенной отдельностью и др. При этом также возможны различные сочетания как собственно текстурных признаков, так и комплексация их с любыми другими (рис. 4.3).

Включения в литологически однородных породах. К ним относятся органические остатки (рассматриваемые в данном случае как один из вещественных признаков). Их можно классифицировать по систематическому составу, распространению и количеству в породе,

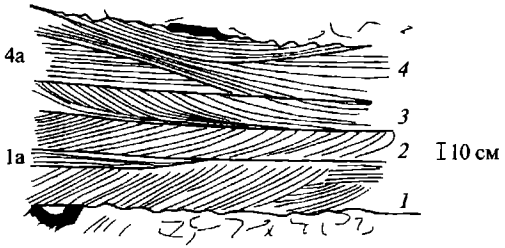


Рис. 4.3. Расчленение косослоистых песчаников по характеру слоистости.

Рисунок, сделанный по фото Е. Г. Пановой, показывает обнажение аракюлинских слоев (*1—4*) старооскольского горизонта (средний девон) на р. Луга у пос. Твердять. Цифры — номера выделенных слоев

по ориентировке, сортировке, сохранности и т. п. (рис. 4.4). Конкреции карбонатного, кремнистого, железистого состава, жеоды (кварца, аметиста и др.), оолиты и другие разделяют по количеству, размерам, форме, сортировке и другим особенностям (рис. 4.5).

Циклическое строение. Очень важным признаком, часто используемым для расчленения первично осадочных и вулканогенно-осадочных пород, является широко распространенное их циклическое строение, т. е. многократное чередование в толще одних и тех же последовательностей слоев. Особенно это характерно для речных, угленосных, соленосных отложений, а также осадков берегов и склонов морских бассейнов и тектонически активных зон, в которых интенсивность и очередность седиментологических процессов закономерно повторяются. Этот признак более или менее отчетливо проявляется также в областях с ясно выраженной сезонностью климата. Может быть установлена цикличность разных порядков — от элементарных циклитов, редко превышающих по мощности первые метры, до комплексов пород, образованных километровыми толщами. Отличается цикличность разных объектов и набором слоев (или толщ) — элементов цикла и количеством элементов в циклите.

Изучению цикличности и ее значению для стратиграфии посвящали свои исследования такие выдающиеся геологи, как Э. Зюсс (Zuess), Ф. Прюво (Pruvost), Дж. М. Веллер (Weller), Ю. А. Жемчужников, Н. Б. Вассоевич, Л. Б. Рухин, Н. В. Логвиненко и многие другие. В настоящее время во главе данного направления, часто называемого *циклостратиграфией* (ритмостратиграфией), стоит американский ученый П. Р. Вейл (Weil), а в России — Ю. Н. Карагодин (СО РАН, Новосибирск).

Наличие циклов седиментации разного порядка большинство специалистов пытается объяснить различными причинами — от погодных до космических, с чем, в частности, связывается пространственное распространение соответствующих циклитов. Однако выяснение причинности явлений, вероятно, не является задачей стра-

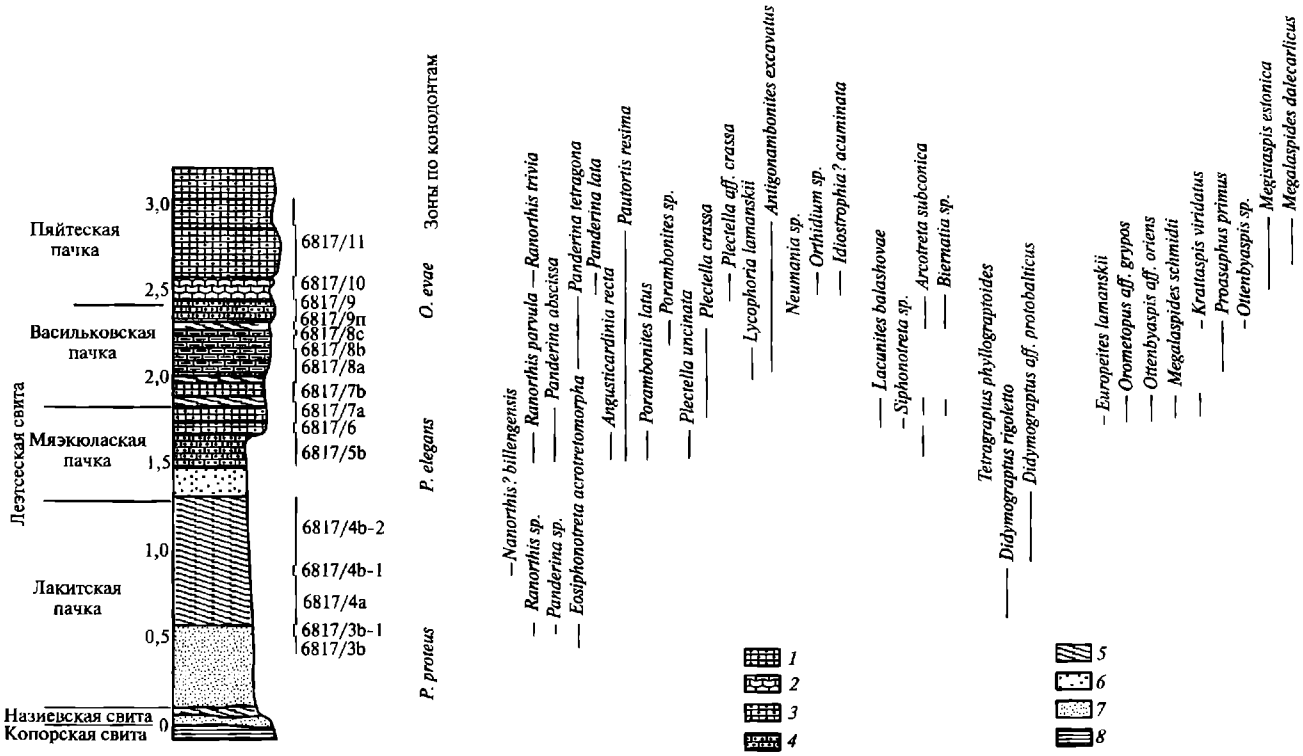


Рис. 4.4. Распространение биофоссилий в нижнем ордовике на левом берегу р. Лава у дер. Васильково (А. В. Дронов и др., 1998; упрощено):

1 — детритовый известняк; *2* — мергели; *3* — глинистый известняк; *4* — кварцевый песчаник; *5* — глина; *6* — глауконито-кварцевый песок; *7* — кварцевый песок с редкими зернами глауконита; *8* — битуминозный аргиллит

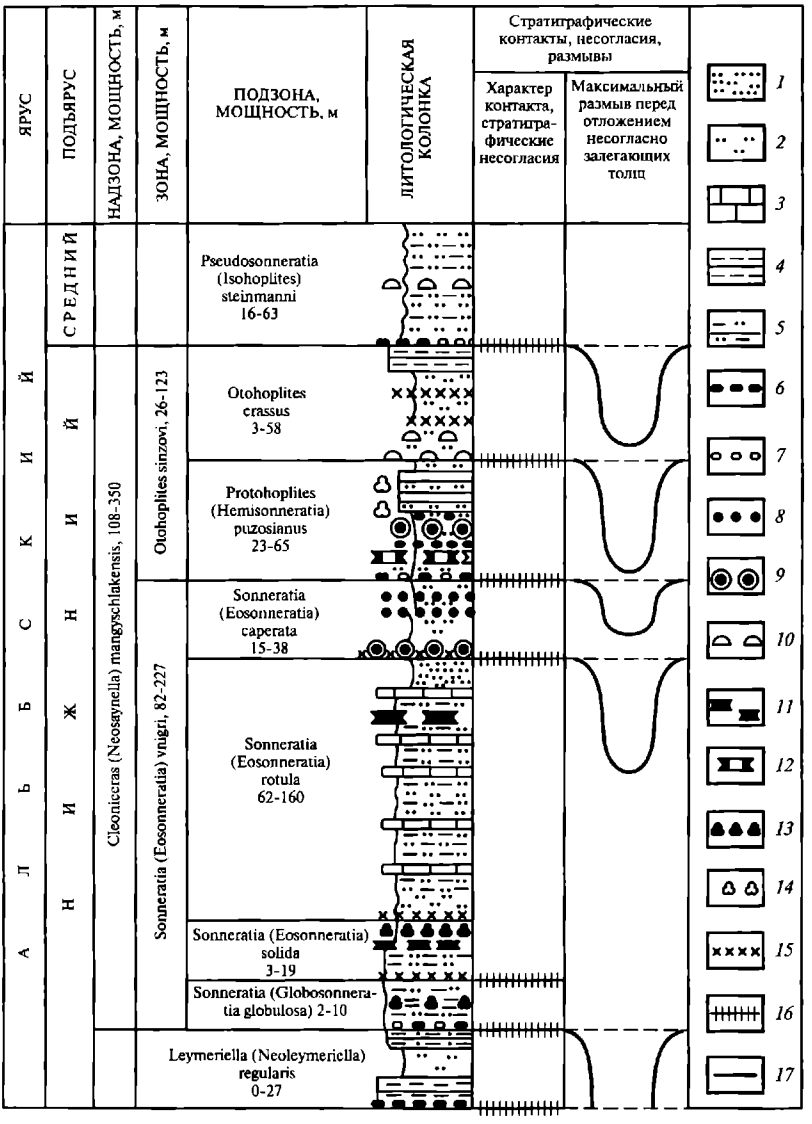


Рис. 4.5. Расчленение разреза нижнего Альба Горного Мангышлака по облику конкреций и поверхностям несогласий (А. А. Савельев, 1992):

1 — пески; *2* — алевролиты; *3* — песчаники; *4* — тонкослоистые глины; *5* — алевритистые глины; *6* — фосфоритовые прослои; *7* — галечники; *8—12* — алевритовые конкреции: *8* — мелкие и средние (d = 0,05—0,3 м), *9* — крупные и гигантские сферические (d = 0,3—0,6 м), *10* — караваеобразные (d = 1,5—6 м), *11, 12* — глыбовые (d = 0,3—1,5 м); *13, 14* — септариевые конкреции: *13* — мелкие (d = 0,1—0,3 м), *14* — крупные (d = 0,3—1 м); *15* — ожелезненные прослои; *16* — литологически резкая граница; *17* — поверхности размывов

тиграфии, а служит предметом седиментологии, палеогеографии, тектоники, исторической геологии. Поэтому здесь лишь отражена возможность использования данного признака для расчленения разреза. Важно отметить, что количество и состав элементов циклита, отчетливость их представления и мощность позволяют разделить геологический разрез на составные части, которые могут образовывать иерархические ряды циклитов.

Выше в достаточно общем виде мы упомянули наиболее распространенные, преимущественно полевые, приемы выделения литостратонов, используемые в геологической практике при геологической съемке, поисковых исследованиях, а также в ходе региональных тематических работ по геологии. Вероятно, можно применять такие вещественные признаки горных пород, как степень преобразования материала (метаморфизм и выветривание), наличие акцессорных минералов, состав тяжелой или легкой фракции толщ, и многие другие. Безусловно, хорошие результаты получаются при сочетании нескольких или даже многих признаков.

Отчетливо представленные в разных стратиграфических интервалах литологические (или петрографо-литологические) признаки являются тем качеством, которое служит содержанием литостратона, — его ядром. Не менее важный элемент подразделения — его границы. В случае, если в разрезе литологические особенности однозначно сменяют друг друга, то особых проблем с расчленением его нет. Песчаники сменяются глинами резко по одной плоскости, сероцветные образования перекрываются красноцветными по кровле или определенной подошве слоя. Подобные случаи возможны как в результате быстрого (практически мгновенного) изменения процессов седиментации, так и по причине более или менее продолжительного перерыва, разделяющего слои, охарактеризованные различными вещественными признаками. Примерами первого могут служить границы элементов циклита во флишевых сериях, смена стрежневых отложений пойменными в образованиях равнинных речных долин, поверхности слоев гипсов или ангидритов в соленосных комплексах.

Поверхности перерывов значительно чаще позволяют однозначно устанавливать подобные границы. Помимо разделения более или менее мощных толщ различного состава, они обычно выражаются в рельефе (депрессией или основанием уступа) — заметным рельефом самой поверхности, а также наличием примыкающих к плоскости раздела базальных или апикальных[1] образований (рис. 4.6). При этом следует подчеркнуть, что степень выраженности границ перерывов не зависит от длительности перерывов или пространственного распространения несогласий. Иногда многие признаки несогласия в циастемах представлены гораздо резче, чем в случае смежных лито-

[1] Апикальные образования — породы, завершающие осадочные серии (например, трансгрессивно-регрессивный ряд) (термин Б. А. Соколова).

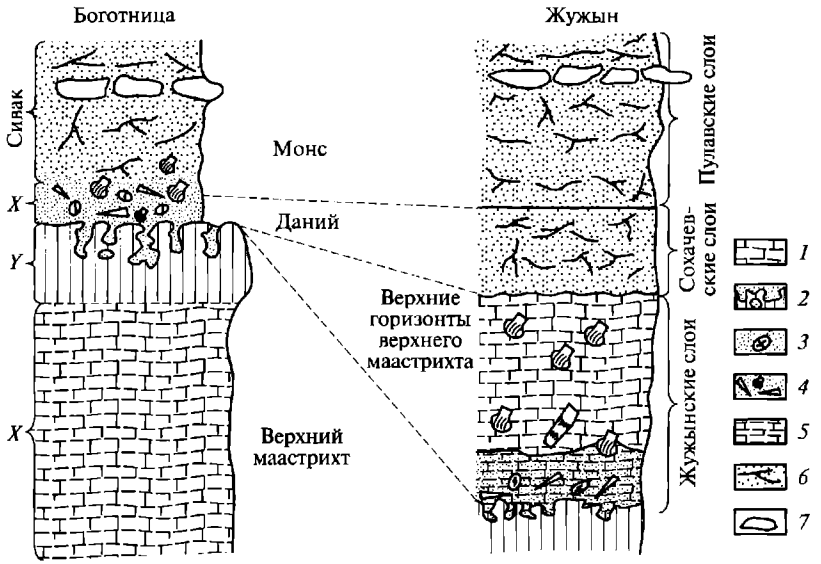


Рис. 4.6. Разрез пограничных мел-палеогеновых отложений в бассейне р. Висла (Д. П. Найдин, 1976):

1 — опока; *2* — «твердое дно» («hard ground»); *3* — глауконитовые пески; *4* — верхнемеловые биофоссилии; *5* — «опока» с прослоями мергелей; *6* — известковистая опока (грезы); *7* — известняки

стратонов, разобщенных отсутствием нескольких ярусов или даже систем (рис. 4.7).

Широко известны случаи, когда признаки перерыва одного и того же несогласия достаточно быстро изменяются в пространстве от отчетливого углового до практически незаметного стратиграфического (см. рис. 2.3). Вообще, чрезвычайно распространенные «скрытые несогласия» очень затрудняют определение границ литостратонов. Установлению наличия скрытого несогласия помимо данных биостратиграфии может помочь плоскостное ограничение норок сверлильщиков, корневых систем растений, ракушечников, особенно состоящих из ориентированных раковин, изменение цвета пород и т. п. Далеко не всегда удается однозначно выяснить, является ли поверхность кровлей (или подошвой) частного слоя в отчетливо слоистой пачке или это поверхность перерыва, и если он региональный, то, по определению литостратиграфического подразделения, эта поверхность является его границей. Разобраться в данном вопросе помогает лишь камеральный анализ материалов исследования.

Еще сложнее установление литологического раздела (стратиграфического несогласия) в неслоистых однообразных осадках — глинистых, карбонатных, обломочных или любых других. Здесь может помочь различие в окраске (если такое есть), либо наличие инородных, или

имеющих другой цвет прослоев, которые срезаются или сами срезают прилегающие отложения (рис. 4.8, зерна глауконита в слое 12).

Однако часто смежные литостратоны согласно сменяют друг друга. При этом признаки более древнего подразделения постепенно исчезают, а более молодого все отчетливее проявляются. Тогда между типично выраженными единицами располагается более или менее мощная пачка переслаивания. В таком случае границы между ними проводятся относительно произвольно (субъективно) и во многом зависят от решения автора данного литостратона или согласования этого вопроса при каком-то обсуждении. Для необходимой в данном случае однозначности проведения рубежа используются следующие возможности (рис. 4.9): I — первое появление стратиграфически верхнего литологического признака (основание первого вновь появившегося прослоя); II — последнее проявление стратиграфически нижнего литологического признака (кровля последнего прослоя нижележащего литостратона); III — середина пачки переслаивания (лучше по кровле или подошве какого-то пласта); IV — любая граница слоя в пачке переслаивания, каким-то образом наиболее отчетливо выраженная; V — выделения всего интервала переслаивания в самостоятельный литостратон.

Практически правомочен любой вариант, важно лишь, чтобы он был оглашен (в идеале — опубликован) и стал известен всем заинте-

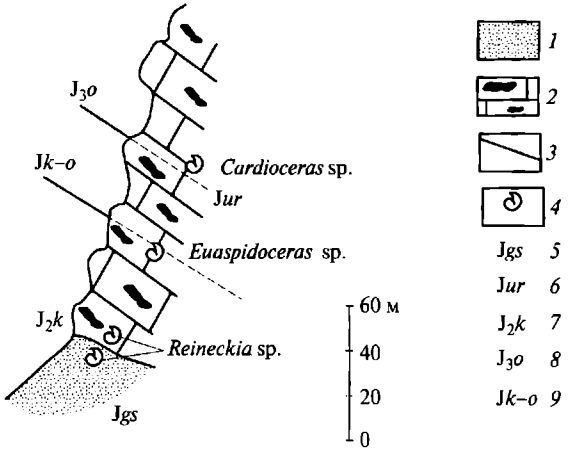


Рис. 4.7. Келловей-оксфордские отложения хребта Большой Балхан (Туркмения):

Волнистая линия, разделяющая гузвашскую (J_{gs}) и урумильджанскую (J_{ur}) свиты — диастема; *1* — песчаники; *2* — известняки с кремневыми стяжениями; *3* — границы хроностратонов; *4* — места находок аммонитов; *5* — гузвашская свита; *6* — урумильджанская свита; *7* — келловейский ярус; *8* — оксфордский ярус; *9* — келловейский и оксфордский ярусы нерасчлененные

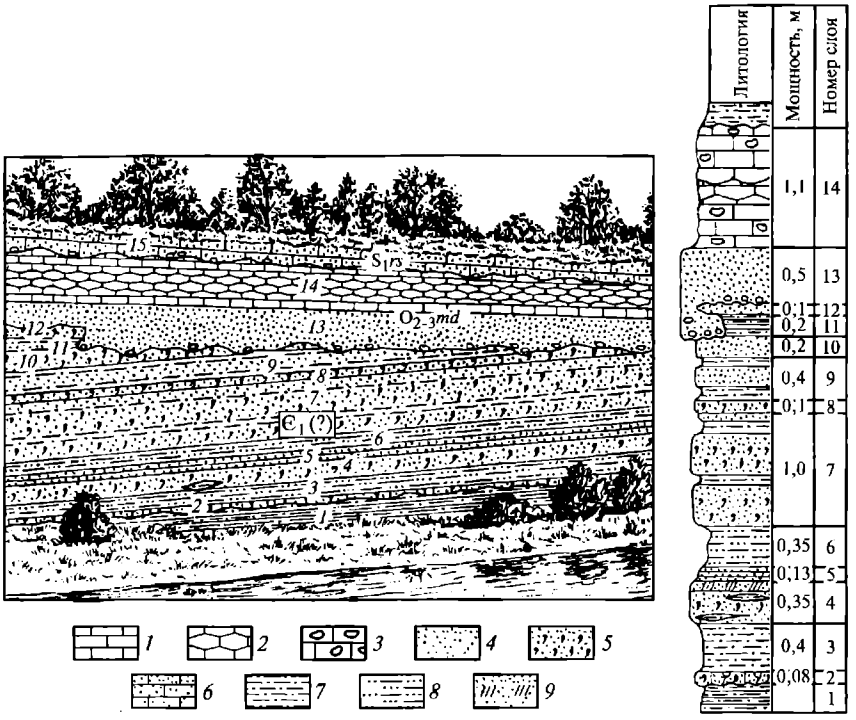


Рис. 4.8. Разные виды несогласий в палеозойских отложениях в обрывах р. Днестр у с. Субоч (Практическая стратиграфия, 1984).

Скрытые несогласия в основаниях силурийской системы и ордовика (в левой части рисунка), а также между слоями *1* и *2*. Угловое несогласие в основании ордовикской системы (в центре и правой части рисунка); *1—3* — известняки; *4—6*, *8*, *9* — песчаники; 7 — алевролит

ресованным лицам. В противном случае возможны различные толкования, которые часто приводят к значительным ошибкам, иногда выражающимся в крупных материальных потерях.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что литостратиграфический метод успешно решает первую из основных задач стратиграфии — расчленение геологического разреза.

Что же касается второй задачи — стратиграфической корреляции отложений, то возможности литостратиграфического метода достаточно ограничены. Такая его особенность вытекает из того, что почти все литологические (петрографо-литологические) признаки проявляются локально. Пространственное распространение их зависит от сочетания множества географических (рельеф, климат, речная сеть и т.д.), литологических (диа-, катагенез, метаморфизм, выветривание и др.), тектонических (сжатие, растяжение, поднятие, опускание)

и многих других процессов, действующих в каждый момент развития поверхности накопления материала. Именно этим определяются столь большая пестрота литологического состава пород и диахронность границ литостратонов.

Наименее надежны для корреляции данные о минералогическом составе, текстуре и мощности подразделений. В общем можно отметить, что широта распространения литологических разностей по площади обратно пропорциональна крупности обломков в терригенных образованиях. Кроме того, исследованиями специалистов-угольщиков установлена следующая закономерность: максимальную площадь с относительно изохронными границами занимают слои, образующиеся при максимумах и минимумах трансгрессий в циклично построенных толщах. В частности, для параллической угленосной формации Донбасса такими реперами являются слои известняков (максимумы трансгрессии) и углей (максимумы регрессии). Прослеживание этих пластов привело к построению сначала пластовой карты, а затем созданию на ее основе знаменитой геологической карты Большого Донбасса Л. И. Лутугина (1900).

Наиболее распространенным методом корреляции литостратонов является анализ цикличности отложений. В настоящее время его с успехом применяют для сопоставления разрезов, представленных осадочными породами самого разного генезиса. В соответствии с необходимой точностью результата для этого используют циклы различного порядка. При детальной крупномасштабной корреляции на небольших расстояниях удается сопоставлять элементарные циклы и их границы. Так, Ю. Л. Верба скоррелировал уровень массового

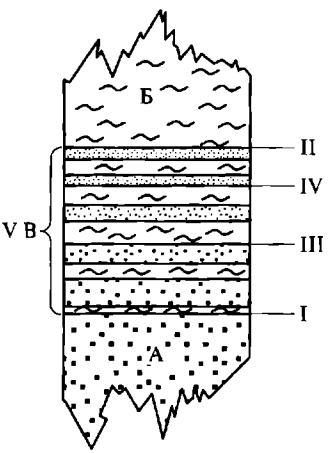


Рис. 4.9. Варианты положения границ между согласно залегающими свитами А (песчаники) и Б (глины); В — свита переслаивания песчаников и глин; I — V — объяснение см. в тексте

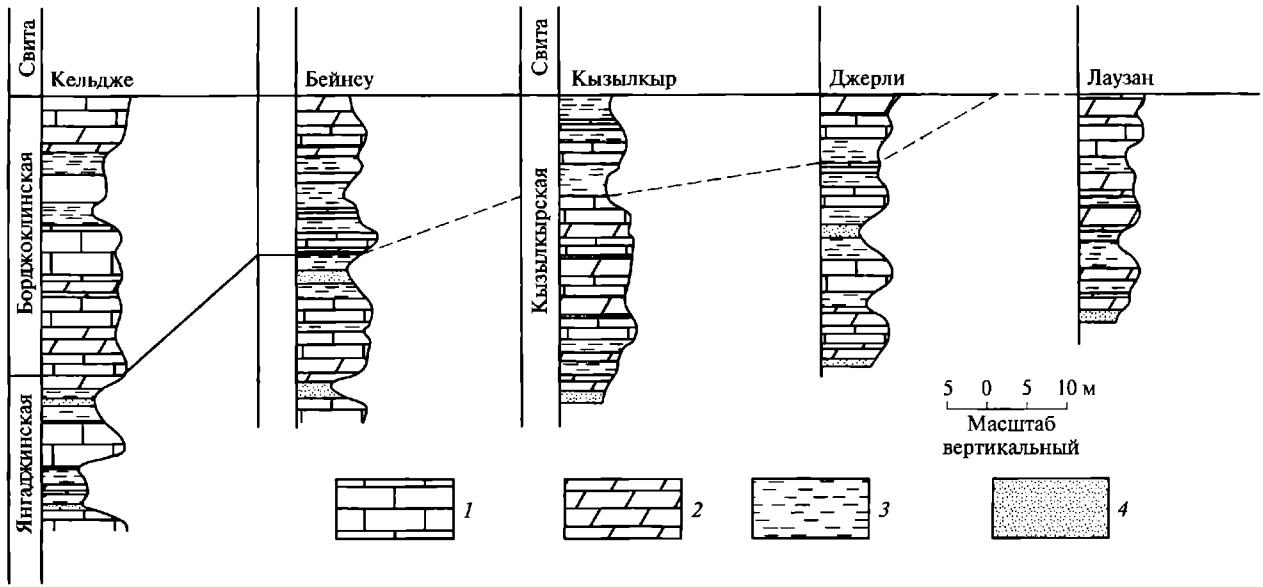


Рис. 4.10. Корреляция морских (две левые колонки) и лагунно-континентальных отложений нижнего мела на западе Туркмении (Ю.Л. Верба, 1968; упрощено):

1 — известняки; *2* — мергели; *3* — глины; *4* — песчаники

появления нижнемеловых орбитолин в морском разрезе Кельдже с подошвой слоя мергелей в континентально-морском разрезе Кызылкыр (Туркмения) на расстоянии 50 км (рис. 4.10). Для детальной корреляции таврической серии Крыма в пределах среднего течения р. Бодрак В. Н. Шванов использовал процентное соотношение циклов второго порядка. Н. В. Логвиненко, Г. В. Карпова, Д. П. Шапошников (1961) при сопоставлении разрезов той же таврической серии в пределах всего Горного Крыма использовали циклы третьего (?) порядка.

Корреляция верхнего палеозоя и мезозоя Альпийского пояса возможна на основе циклов четвертого и более высоких порядков. При этом необходимо ясно представлять, что конкретность результатов, в общем, обратно пропорциональна «высоте» порядка цикла. Элементарные и второго порядка циклы позволяют устанавливать стратиграфически синхронные толщи и ограничивающие их уровни. Циклы же более высоких порядков дают возможность лишь более или менее приблизительно сопоставлять крупные элементы разреза.

Секвентная стратиграфия. Частным случаем использования циклического метода корреляции является чрезвычайно популярная в последнее время секвентная стратиграфия. Особенно широко применяют ее специалисты-сейсмики и нефтяники, которые и разработали это направление в 70-х гг. XX в. В отличие от классического изучения цикличности секвентная стратиграфия базируется на анализе колебаний уровня моря вне зависимости от того, приводят ли они к образованию повторяющихся сочетаний пород или нет. Тем самым этот подход применим к корреляции разнофациальных толщ, без связи с конкретными последовательностями осадков (А. В. Дронов и др., 1998).

Метод основан на предположении, что уровень Мирового океана постоянно меняется, то повышаясь, то понижаясь. Соответственно, на площади шельфов и прибрежных равнинных окраинах континентов последовательно отлагается закономерное сочетание трансгрессивных и регрессивных осадков. Полный цикл отложений от начала затопления территории до полного ее осушения называется *осадочной секвенцией* (рис. 4.11). Границы их обычно выражены несогласием, поэтому отчетливо фиксируются на сейсмограммах, значительно реже — согласными поверхностями наслоения. Секвенции не содержат внутри себя несогласий и состоят из парасеквенций или их пакетов.

Выделяют границы секвенций двух типов. Границей *секвенций 1-го типа* называется такое сочетание пород, которое несогласно с явными следами размыва и субаэральной обстановки залегает на более древних образованиях. Вдоль подошвы такой секвенции фации смещаются в сторону бассейна, поэтому континентальные или мелководные формирования могут перекрывать глубоководные осадки. Подобные соотношения характеризуют условие, когда скорость эв-

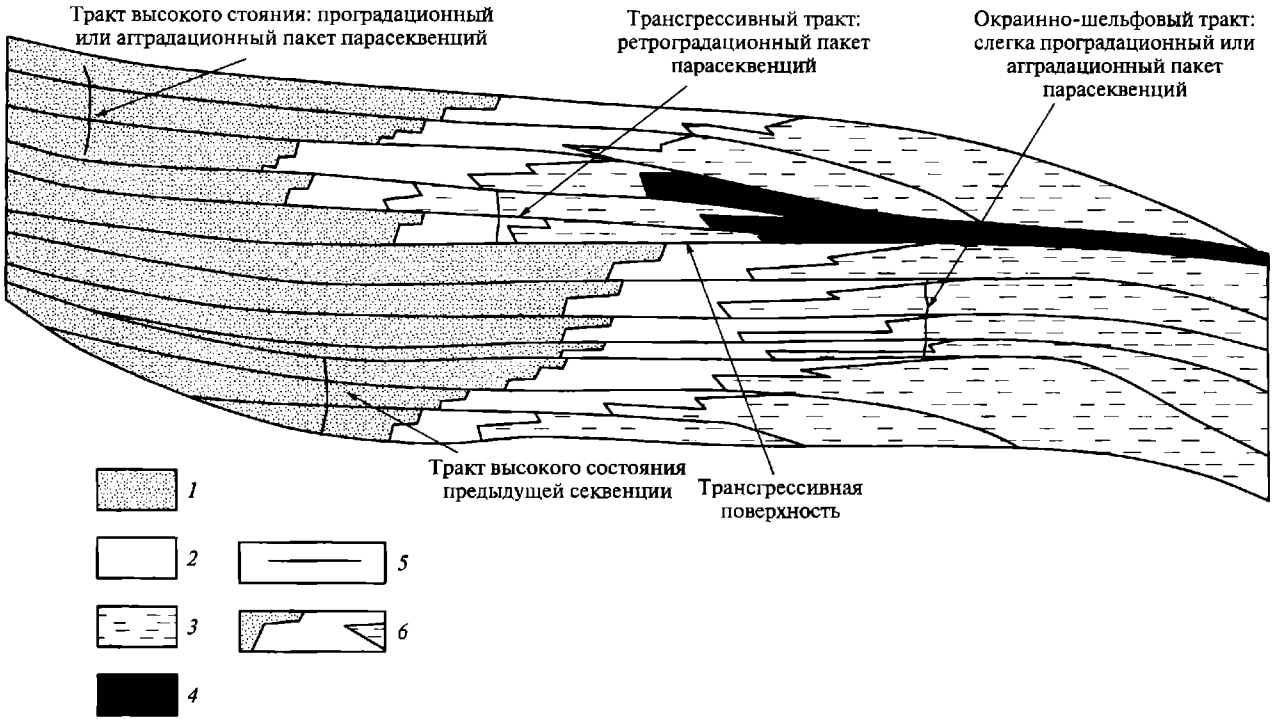


Рис. 4.11. Общая схема строения осадочной секвенции (А. В. Дронов и др., 1998). Фации:

1 — прибрежные; *2* — мелководные; *3* — относительно мелководные; *4* — конденсированные отложения; *5* — граница секвенций 2-го типа; *6* — парасеквенция

статического понижения уровня моря значительно выше скорости погружения дна конкретного бассейна.

Граница *секвенций 2-го типа* отличается отсутствием явных следов размыва и смещения вдоль нее фаций в сторону моря (см. рис. 4.11). В этом случае существенной разницы скоростей понижения уровня вод бассейна и погружения его дна не наблюдается.

В связи с тем, что динамика смены уровня Мирового океана отражается на окраинах всех континентов, секвенции рассматривают как стратоны корреляции широкого диапазона, вплоть до глобальных. Американский стратиграф П. Р. Вейл на основании анализа проявлений эвстатических колебаний уровня береговых линий разных материков создал шкалу среднего их значения для фанерозоя, которую часто помещают в качестве отдельной графы в изображения ССШ (рис. 4.12). Сравнивая графики кривых анализируемых секвенций конкретного разреза с кривой Вейла, стремятся определить стратиграфическое положение (относительный возраст) интересующих толщ. В основе такого представления кроме признания глобальности проявления эвстатических колебаний лежит также признание изохронности границ секвенций.

Следует признать, что в ряде случаев использование секвентной корреляции позволило достигнуть больших успехов. Например, нижняя часть карбонатного ордовика Фенноскандии надежно делится на секвенции, соответствие которых устанавливается в Канаде, Австралии и Новой Зеландии. Причем секвенции по стратиграфическому объему значительно меньше граптолитовых зон, основы ССШ ордовика (А. В. Дронов и др., 1998). Кроме того, границы секвенций обычно легко устанавливаются сейсмическими методами на больших площадях. Однако их не удается выявить в разрезах небольшой мощности.

Секвентная стратиграфия разработала свою терминологию. Основным стратоном его является *секвенция* — отложения, сформировавшиеся в результате элементарного колебательного цикла земной поверхности, заключенного между смежными максимумами регрессии, и ограниченные несогласиями или коррелятивными с ними согласными уровнями (считаются региональными стратонами).

Парасеквенция (по определению О. П. Ковалевского) — сообщество согласно лежащих и генетически родственных слоев или пачек, ограниченных затопляемыми морем поверхностями (см. рис. 4.11).

Затопляемая морем поверхность — стратиграфический уровень со следами резкого увеличения глубины бассейна (диастема со следами перерывов).

Ряд генетически близких парасеквенций может образовать ***серию парасеквенций***, различающуюся от смежных ***проградационным*** (продвижением береговой линии или фаций в сторону моря), ***ретроградационным*** (то же в сторону суши) и ***аггрaдационным*** (стабильным положением берега и фаций) сообществами фаций (см. рис. 4.11).

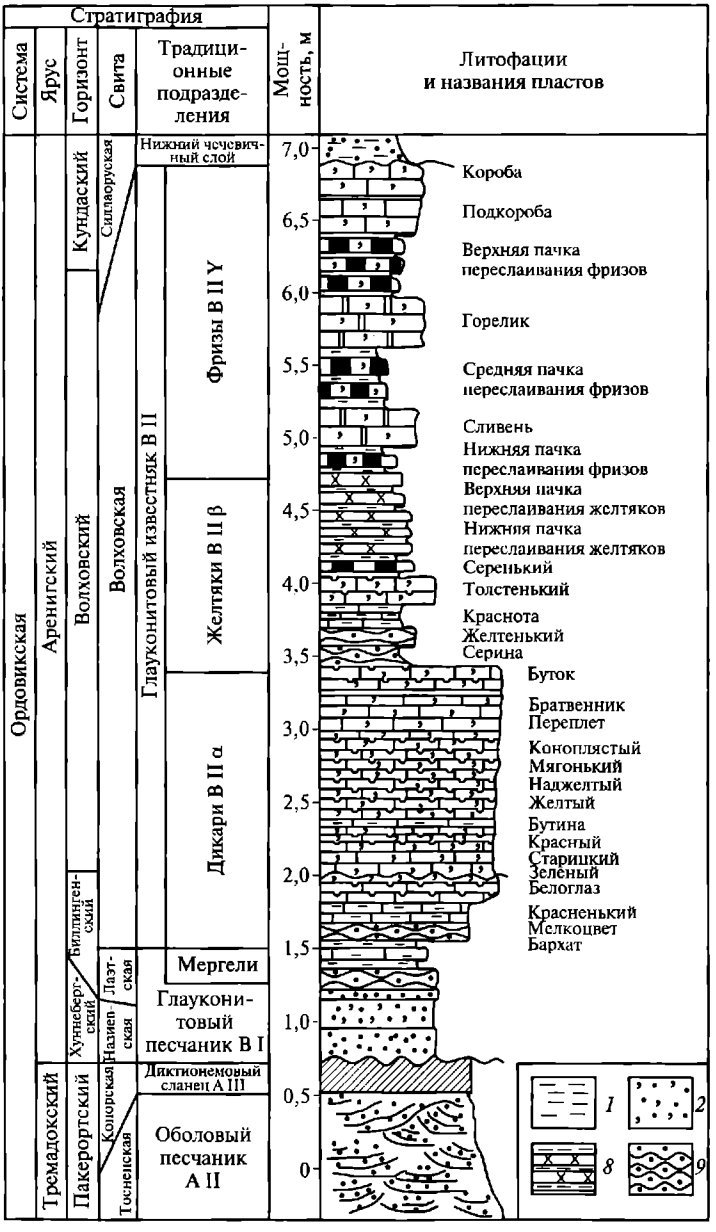
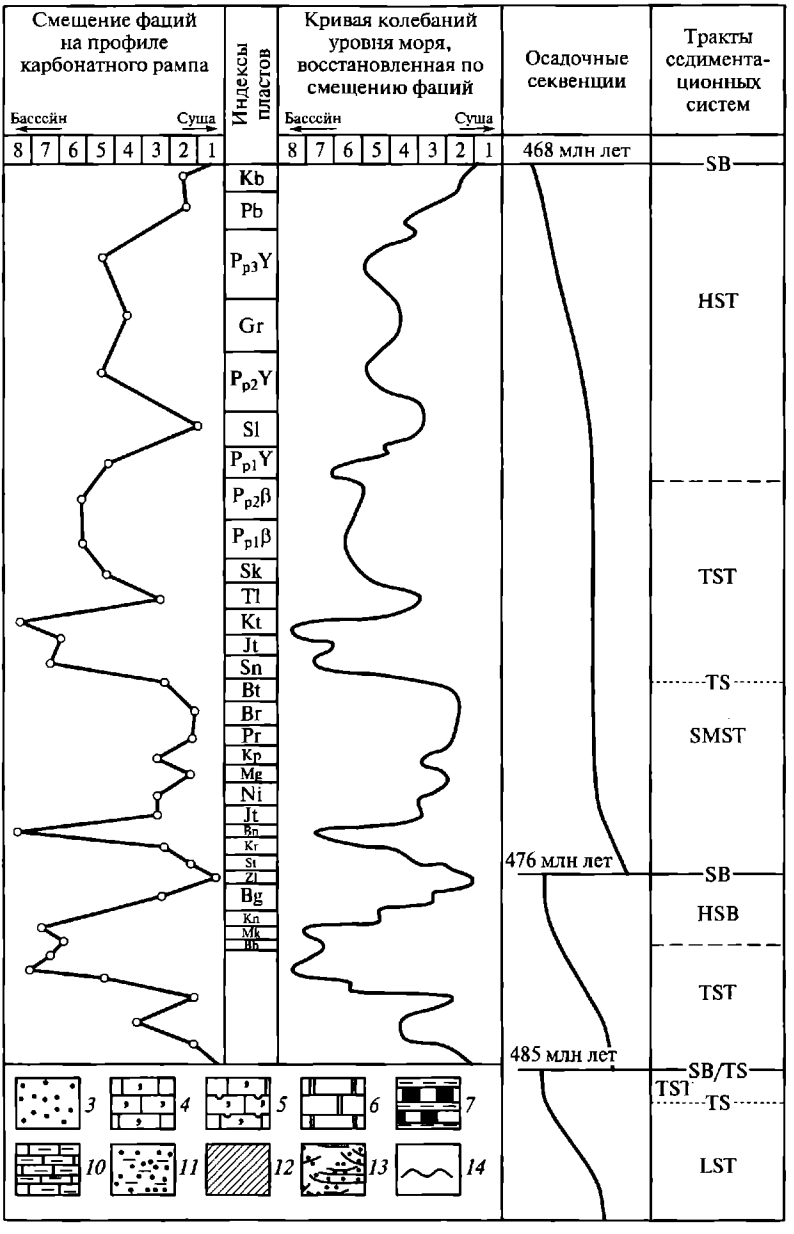


Рис. 4.12. Литофации, осадочные секвенции и высокочастотные кривые (А. В. Дронов

1 — известняки с железистыми оолитами; *2* — детритовые известняки; *3* — ходы *6* — кварцевые пески; *7* — кварц-глауконитовые пески; *8* — битуминозные алевролиты типа «карандашей»; *11* — горизонты «твердого дна»; *12* — горизонт с «амфорообраз-



колебаний уровня моря восточной части Балтийского бассейна в ордовике и др., 1998):

зарывающихся организмов в известняках; *4* — мергели и известняки; *5* — глины; ты; *9* — горизонты со следами сверлений *Trypanites*; *10* — горизонты сверлений ными норками»; *13* — косая слоистость; *14* — бугорки *Bergaueria* на подошвах слоев

Системный тракт — сочетание одновременно формирующихся фаций различных фациальных зон (прибрежной равнины, пляжа, шельфа и т.д.). Среди них выделяют: *нижний*, или *низкого стояния уровня вод*, соответствующий началу затопления территории с обычно выраженным перемывом осадка; *трансгрессивный*, выражающий быстрое затопление территории; *верхний*, или *высокого стояния уровня вод*, — завершение трансгрессии и начало обмеления территории.

Отдельные специалисты объединяют секвенции в *мегасеквенции*, соответствующие циклам первого порядка (Вейла) колебания уровня Мирового океана (первые сотни миллионов лет). Мегасеквенции делят на *суперсеквенции*, выражающие циклы второго порядка (10—80 млн лет). Тогда секвенции отвечают циклам третьего порядка (0,5—3 млн лет). Представляется, что подобное понимание использования циклического анализа должно относиться к области исторической геологии и никак непосредственно со стратиграфией не связано.

Особые породы. Литолого-петрографические признаки распределены неравномерно. Среди преобладающих, быстро меняющихся в разрезе и на площади или, напротив, чрезвычайно устойчиво охватывающих мощные толщи на значительных пространствах встречаются слои или маломощные пачки специфических пород, выдержанных на значительных площадях. Эти последние имеют очень важное значение для корреляции. Вследствие резких отличий их облика от вмещающих образований они называются «*особыми породами*» (термин А.Д. Миклухо-Маклая), или «*маркирующими горизонтами*» (Геологический словарь, 1973. — Т. I. — С. 182) определяет последний как «слой или пласт среди толщ горных пород, выделяющийся по литологическим особенностям, цвету, составу, присутствию каких-либо включений, прослоев или по комплексу органических остатков и сохраняющий свои особенности на значительной площади, что дает возможность пользоваться им для прослеживания и сопоставления при геологической съемке и выполнении других геологических исследований». Следует подчеркнуть, что лучшими маркирующими горизонтами обычно являются сравнительно маломощные образования, резко выделяющиеся своей спецификой при наблюдении в обнажении, керне, либо по геофизическим или геохимическим показателям. Хорошими примерами таких слоев могут служить известные студентам геологических специальностей Санкт-Петербурга диктионемовые сланцы в разрезе ордовикской системы Северо-Запада Восточно-Европейской платформы или известняки с кремневыми стяжениями туронского яруса в Горном Крыму.

В качестве таких особых пород обычно используют *конгломераты* и меньшей размерности *базальные образования*. Эти породы всегда представляют большой интерес для геолога-съемщика, поисковика или исследователя региональных закономерностей, так как они фиксируют начало нового историко-геологического этапа территории,

следующего за ее более или менее существенной перестройкой. Такими маркерами являются *межформационные* конгломераты или замещающие их гравелиты, песчаники и другие породы с резким контактом (обычно несогласием) залегающие на подстилающих образованиях. Их галька или гравийки часто представлены нижележащими или инородными породами (рис. 4.13). (*Внутриформационные*, или *апикальные*, конгломераты (гравелиты) имеют крайне незначительный корреляционный потенциал. Они отличаются обычно постепенностью контактов с вмещающими породами и преимущественно обломками последних.) Часто базальные горизонты могут быть представлены концентрацией скоплений фосфоритовых или глауконитовых зерен в основании слоев. Примерами могут служить песчаники с глауконитом и фосфоритом в основании верхнемеловой серии, датского яруса, качинского и бахчисарайского горизонтов в Бахчисарайском районе Крыма.

Черносланцевые образования, или *доманиковые фации*, отдельные слои либо пачки черных или темно-серых глин, аргиллитов, глинистых сланцев или известняков также являются хорошими маркирующими горизонтами, которые обычно резко выделяются в разрезе и легко устанавливаются наблюдением или по показателям приборов. Для них характерно повышенное содержание органического вещества, часто радиоактивных элементов. В большинстве случаев в них очень редки остатки организмов, особенно бентосных. Приме-

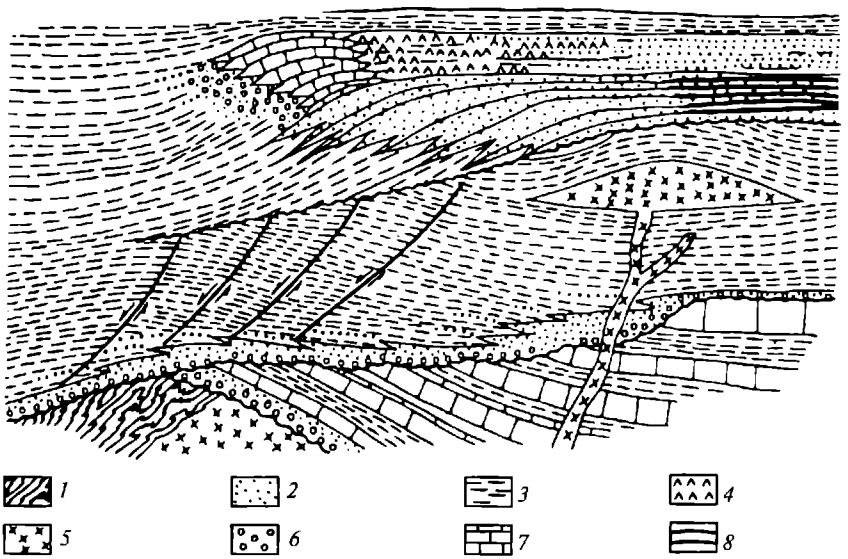


Рис. 4.13. Схема различных соотношений литостратонов (МСС, 1978).

Второй и третий комплексы начинаются базальными конгломератами: *1—8* — литостратоны

рами подобных пород могут служить упомянутые уже диктионемовые сланцы пакерортского горизонта ордовика Балто-Скандии, прослои доманиковых фаций верхнего девона западного склона Урала, нижняя пачка большебалханской свиты нижнего мела Туркмении и др. Обычно определенное стратиграфическое положение и широкое распространение присущи черносланцевым породам морского, относительно глубоководного генезиса. Однако встречаются крайне мелководные проявления черных сланцев, на первый взгляд, неотличимые от доманиковых образований. Такие породы представлены, например, в тюбегатанской свите юры юго-западных отрогов Гиссарского хребта, образующие в ней небольшие по размерам линзы, занимающие различное стратиграфическое положение.

Хорошими маркирующими свойствами могут обладать слои, насыщенные материалом, ясно отличающимся от встречающегося во вмещающих породах. Например, прослои глинисто-карбонатного состава в середине янгаджинского горизонта нижнего мела Туркмении, которые прослеживаются в чехле Туранской платформы от восточного берега Каспийского моря до р. Амударьи.

Такого же типа маркерами являются *слои с конкрециями*. Их высокое корреляционное значение показали А. В. Македонов и А. А. Савельев для угленосных толщ и для морских терригенных отложений, ими обладают уже упомянутые выше туронские известняки верхнего мела Крыма. При этом основным корреляционным признаком могут служить само наличие конкреций, их состав, форма, размеры и пр.

Уровни, обогащенные определенными органическими остатками, также могут рассматриваться как маркеры. Н. П. Луппов еще в самом начале 30-х гг. XX в. обнаружил в меловом разрезе Туаркыра прослой с массовым скоплением конических раковин *Pseudonerinea ornata* Pčel. мощностью около 0,5 м. Этот прослой позже прослежен на площади всей Западной Туркмении, и всюду он соответствует одному стратиграфическому уровню. Отдельные слои с рудистами лузитанской фации юры или орбитолинами в ургонской фации мела также могут иметь маркирующее значение для относительно ограниченной площади.

В качестве «особых пород» в ряде случаев используются *прослои* или *пачки, обладающие специфическими текстурными особенностями*. Так, в частности, в сериях речных косослоистых песчаников и алевролитов маркерами будут пласты с параллельной слоистостью пойменных осадков. Чрезвычайно большим корреляционным потенциалом обладают *тоштейны* — прослои ископаемых туфов. Обладая очень малой мощностью (первые сантиметры), они прослеживаются на огромных территориях, отражая единичные выбросы вулканического пепла. В. Н. Волков показал их распространение в карбоне в пределах всего Донбасса. Аналогичную природу имеют и бентонитовые глины, слои которых часто прослеживаются на многие километры.

Мы привели лишь несколько примеров пород, наиболее часто используемых на практике как маркирующие горизонты. Ими в определенных условиях и в пределах конкретных площадей могут быть почти любые маломощные тела пластовой формы или даже разрозненные включения (обломки), резко отличающиеся каким-либо свойством (свойствами) от вмещающих образований, хорошо выдержанные в пространстве.

Перерывы. В качестве важного, часто ведущего корреляционного признака рассматриваются перерывы и обусловленные ими несогласия в разрезе. Их значение обусловлено прежде всего тем, что, начиная с Н. Стенона, границами этапов становления планеты (стратонами ССШ) признавались эпохи «пещер и обвалов», выраженные поверхностями несогласий. Появившийся позже диастрофический метод предлагал определять границы общих и региональных стратонов по поверхностям различного рода несогласий. Г. Штилле своим «каноном» утверждал возможность глобальной корреляции по следам кратковременных фаз складчатости. М. А. Усов, признававший основой саморазвития Земли пульсационную гипотезу, для Западной Сибири установил 54 тектонические фазы, объединенные в 8 циклов, многие из которых до настоящего времени рассматриваются как региональные стратоны (Д. Л. Степанов, М. С. Месежников, 1979). Особо важное корреляционное значение придается несогласиям в докембрийских образованиях, для которых в качестве границ общих и региональных стратиграфических подразделений используются поверхности структурных несогласий (Л. И. Салоп, 1973).

Однако современное знание строения и геологической истории Земли свидетельствует о большой сложности, различной длительности и неодновременности проявления тектонических движений и связанных с ними перерывов. Кроме того, изменилось и понимание ССШ и РСШ. Они стали играть роль стандартов геологического разреза земной коры или ее региона, в результате чего представляют собой идеальные последовательности пород без зияний и перекрытий.

И все же поверхности несогласий, безусловно, используются для корреляции разрезов горных пород.

К. Данбар и Дж. Роджерс (1962) предлагают различать четыре типа несогласий (рис. 4.14): 1) *несогласное перекрытие* — залегание слоистых образований на неслоистых, массивных интрузивных, эффузивных или метаморфических; 2) *угловое несогласие* — поверхность, разделяющая слоистые толщи с непараллельным друг другу залеганием; 3) *параллельное* (в нашей терминологии стратиграфическое); 4) *скрытое*.

Корреляционные возможности каждого типа несогласий определяются площадными исследованиями. В общем случае наибольшим потенциалом обладают угловые несогласия, однако первый и третий типы иногда распространены чрезвычайно широко. Следует, вероят-

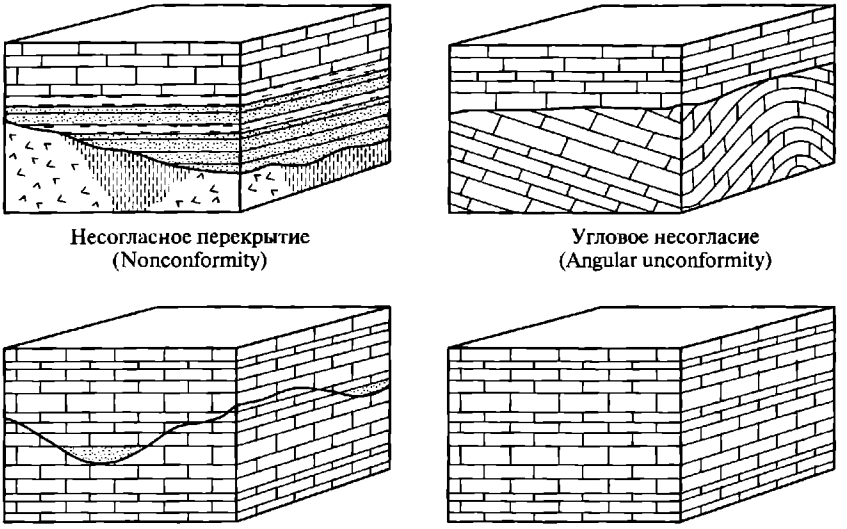


Рис. 4.14. Типы несогласий (К. Данбар, Дж. Роджерс, 1962)

но, согласиться с мнением Д.Л. Степанова и М.С. Месежникова (1979), что корреляция по несогласиям имеет преимущественно региональное значение. Это, кроме того, один из основных критериев выделения типов разрезов в пределах крупного участка поверхности Земли. В то же время предложение некоторых специалистов ранжировать перерывы по абсолютной временной продолжительности и в соответствии с ней определять их корреляционное значение поддержано быть не может. Ибо само определение длительности — не стратиграфический метод, и, кроме того, продолжительность перерыва далеко не всегда определяет значение несогласия для геологического строения региона.

4.1.1. Геофизические методы

Непосредственное применение вышеописанных литостратиграфических методов возможно лишь для наблюдаемых объектов, т.е. представленных в естественных или искусственных обнажениях, или в керне, поднятом из пробуренных скважин. Однако геологическую науку (и практику, и теорию) со временем все больше занимает глубинное строение земной коры. Основными способами его изучения являются бурение, геофизическое профилирование и томография. Геофизические методы исследования Земли вообще и, в частности, земной коры приобретают все большее значение и поставляют основ-

ной материал для суждения о строении и процессах, происходящих на глубине.

Геофизика изучает различные физические поля нашей планеты, их параметры и взаимоотношения. Конкретные значения акустических, электрических, магнитных и других неоднородностей в земной коре главным образом отражают разнообразие горных пород, слагающих верхнюю твердую оболочку Земли. Поэтому геофизические методы представляют собой специфическое выражение литостратиграфических методов и обладают всеми возможностями и ограничениями последних. К сказанному можно еще добавить, что если применение обычных литостратиграфических методов позволяет устанавливать первичные пространственные соотношения геологических тел, то использование геофизических методов обычно лишь констатирует их современное взаиморасположение.

Геофизическое исследование скважин. Важнейшим способом получения геологического материала по территориям, более или менее лишенным обнажений, или по строению глубин, не вскрытых обнажениями, а также основным методом поисков и добычи многих видов полезных ископаемых является бурение скважин. Каждая скважина дает возможность ознакомиться с полным геологическим разрезом от точки ее заложения на всю пробуренную глубину. Непосредственное заключение о характере разреза можно сделать после изучения *керна* (колонок пород, поднятых из пробуренных стратиграфических интервалов) или, в меньшей степени, *шлама* (обломков пройденных скважиной пород, вынесенных вместе с буровым раствором). Однако подъем керна возможен далеко не из всех разновидностей пород, кроме того, извлечение его делает бурение значительно более дорогостоящим.

Поэтому получение представления об особенностях разреза, пройденного скважиной, в настоящее время основывается на интерпретации геофизических показателей различных свойств горных пород, последовательно вскрытых стволом скважины. Этот способ носит название *геофизического каротажа*, представляющего собой измерение значений каких-либо физических свойств пород, слагающих стенки скважин, специальным устройством-зондом (К. О. Ростовцев, Е. В. Мовшович в «Практической стратиграфии», 1984). Различают следующие виды каротажа: электрический, радиоактивный, механический (кавернометрия), акустический, индукционный, термический и др. Количество их постоянно растет в соответствии с прогрессом геологии и геофизики.

Результатом любого каротажа являются записи показаний приборов в виде диаграмм, получаемых непосредственно при бурении скважин. По вертикальной оси в определенном масштабе (обычно 1:500 и 1:200) откладывают пройденные глубины (от устья до забоя), по горизонтальной — значения измеряемых параметров (в своем масштабе). Характер записи диаграммы зависит от размеров и конструкции зон-

дов, а также от состава и петрофизических особенностей пород, слагающих стенки скважин, диаметра скважины, свойств промывочной жидкости, температуры и т.д. Любое значительное изменение исследуемого параметра, зафиксированное на каротажной диаграмме, отражает только изменение состава пород в разрезе. Данное обстоятельство обосновывает возможность его расчленения, а сравнение нескольких диаграмм — корреляцию разрезов скважин.

Изображаемые на диаграммах параметры отражают петрофизические свойства пород: электропроводность, плотность, намагниченность и др. Они не позволяют непосредственно получать характеристику состава и текстурных особенностей отложений. Роль стратотипов литолого-петрографических разностей горных пород разреза интересуемого района играют *опорные и параметрические скважины*, которые проходятся с максимальным (в идеале 100%-м) отбором керна. Последний затем всесторонне исследуется в специальных лабораториях квалифицированными специалистами для геологической интерпретации геофизических данных, наносимых на диаграммы.

Опорные скважины представляют типичные разрезы геологических регионов или структурно-тектонических зон, параметрические используются для установления геофизических параметров характерных горных пород. Важнейшими задачами этих эталонных скважин являются: 1) изучение вещественного состава, условий залегания и мощности образований, вскрытых скважиной; 2) выделение литостратонов в разрезе и установление их стратиграфического положения (определение возраста); 3) корреляция пройденных скважиной стратиграфических подразделений с развитыми в обнажениях или в скважинах соседних регионов; 4) выделение каротажных реперов и установление отражающих сейсмических горизонтов в разрезе скважины.

Электрокаротаж. Это наиболее широко распространенный метод геофизического исследования скважин. Он заключается в непрерывном измерении по необсаженному стволу скважины *естественных* (*спонтанных*) *потенциалов* (ПС), возникающих при взаимодействии промывочной жидкости и пластовых вод, а также *кажущегося удельного сопротивления* горных пород (КС), обусловленного удельным сопротивлением поровых вод и отчасти сопротивлением самой породы. По характеру кривых ПС и КС удается устанавливать наличие основных типов обломочных глинистых и карбонатных образований. Так, глинистым породам соответствуют максимумы ПС и минимумы КС. Пескам и песчаникам, также трещиноватым карбонатам отвечают минимумы ПС (тем бóльшие, чем меньше в них глинистого материала) и максимумы КС (возрастающие с увеличением проницаемости). Если в обломочных отложениях вода замещается нефтью, то максимумы КС возрастают еще больше. Карбонатным породам также соответствуют максимумы КС, но их кривая часто

отличается резким зазубренным рисунком в связи с неравномерным распределением в этих отложениях зон трещиноватости и развитием пор, которые приводят к быстрым снижениям значений КС (Д. Л. Степанов, М. С. Месежников, 1979). Степень минерализации пластовых вод также отражается на значениях КС: они понижаются с увеличением минерализации и тогда в глинах могут значительно превышать КС водоносных песков[1].

Радиоактивный каротаж. Данный метод обобщает самостоятельные виды каротажа, основанные на явлении радиоактивности. Он «основан на измерении интенсивности естественного радиоактивного излучения осадочных пород (гамма-каротаж) или на изучении взаимодействия источников радиоактивного излучения и горной породы (гамма-гамма-каротаж и нейтронный каротаж)» (С. В. Лыюров, 2004. — С. 18). Гамма-каротаж может применяться на обсаженных и необсаженных скважинах, и поэтому имеет наибольшее значение.

Все радиоактивные методы геофизического исследования скважин разделяются на две группы: *гамма-* (методы естественного гамма-поля) и *нейтронные методы*. Последние, изучающие нейтронные поля, в свою очередь делятся на методы *стационарного* нейтронного поля и *переменного* (*импульсного*) нейтронного поля. В геофизическом исследовании скважин используются также *спектральные модификации* радиоактивных методов, позволяющие, кроме интенсивности излучения, получить и его энергетический спектр.

Гамма-каротаж (ГК) основан на измерении интенсивности естественного радиоактивного излучения осадочных пород, содержащего торий, уран или радиоактивный изотоп калия ^{40}K. Наибольшей степенью радиоактивности обладают магматические породы, самой низкой — осадочные, средней (промежуточной) — метаморфические. В магматитах содержание радиоактивных элементов зависит от их основности: наибольшую радиоактивность имеют кислые, наименьшую — ультраосновные магматиты.

В осадочных породах степень радиоактивности определяется наличием радиоактивных породообразующих минералов. Высокой радиоактивностью обладают минералы циркон, ортит, моноцит; повышенной — глинистые минералы, слюды, полевые шпаты, каменная соль; средней — лимонит, магнетит, турмалин, корунд, роговая обманка, барит; низкой — кварц, кальцит, доломит, сидерит, ангидрит, гипс и др. В соответствии с содержанием последних выделяют породы *высокой радиоактивности* — битуминозные глины, аргиллиты, глинистые сланцы, калийные соли, глубоководные глобигериновые

[1] «По происхождению изучаемого поля методы электрометрии скважин делятся на две большие группы — естественного и искусственного электромагнитного поля, и по частоте (т.е. изменении его во времени) — на методы постоянного, квазипостоянного и переменного поля» (С. В. Лыюров, 2004. — С. 181; подробнее о методах см. в этой же работе).

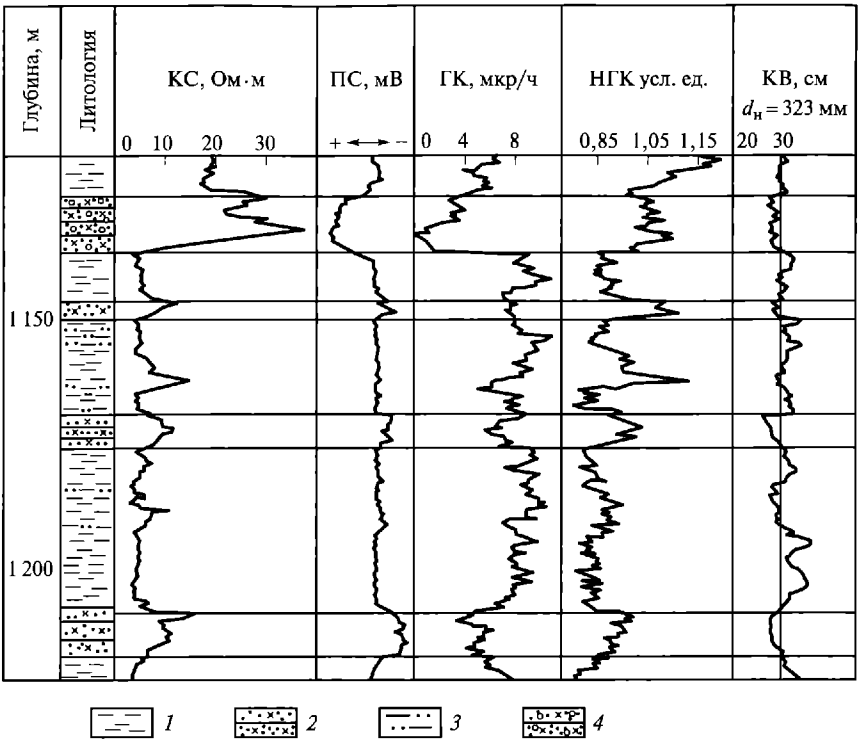


Рис. 4.15. Расчленение разреза скважины по комплексу промыслово-геофизических данных (С. С. Итенберг, 1972; Д. Л. Степанов, М. С. Месежников, 1979):

1 — глины; *2* — песчаники; *3* — песчаные глины; *4* — нефтеносные песчаники; $d_н$ — номинальный диаметр скважины

и радиоляриевые илы; *средней* — глины, глинистые песчаники и известняки, мергели, глинистые доломиты; и *низкой* — ангидриты, гипсы, доломиты, известняки, песчаники, каменные угли. Следует отметить, что значения ГК зависят от степени глинистости пород и потому характер кривой ГК часто похож на график ПС (К. О. Ростовцев, Е. В. Мовшович в «Практической стратиграфии», 1984).

Гамма-гамма-каротаж и *нейтронный каротаж* (*НГК*) основан на изучении взаимодействия источников радиоактивного гамма-излучения и горной породы с радиационным захватом нейтронов. Кривые НГК в общем подобны кривым КС, но при обычно высоких значениях НГК для обломочных пород их разности, насыщенные водой или нефтью, либо загипсованные, характеризуются пониженным значением НГК. То же происходит и в высокопористых карбонатах.

Метод кавернометрии (КВ). Метод основан на измерении диаметра скважины в зависимости от плотности, пористости и трещиноватости пробуренных пород. Так, глинистые породы часто характеризуются высокими значениями КВ, грубообломочные и хемогенные — быстро меняющимися, метаморфические и вулканогенные — устойчивыми значениями КВ.

В некоторых случаях важное значение имеют *акустический*, *индукционный* и другие виды каротажа.

Наиболее достоверные сведения о составе и последовательности горных пород, вскрываемых скважинами, получаются при анализе нескольких видов каротажа (рис. 4.15), ибо одни физические характеристики лучше отражаются в одних кривых, а другие — в других.

Подробно о геофизическом исследовании скважин и геологической интерпретации геофизических данных при бурении можно прочитать в специальных работах В. А. Долицкого (1966), С. С. Итенберга (1967, 1972), С. В. Лыюрова (2004) и др.

* * *

Вышеизложенное о геофизическом исследовании скважин позволяет подчеркнуть специфичность геофизических методов и их отличия от собственно литостратиграфических. Прежде всего, измерения изменений различных физических параметров в скважине не дают ответа на вопрос, породы какого состава она пересекла. Геолог должен определить их на основании некоторых показателей, зависящих во многом не непосредственно от литолого-петрографических признаков, а от плотности, часто связанной с глубиной, от трещиноватости, обводненности отложений, состава промывочного раствора и других особенностей разреза, отраженных в каротажных кривых. Поэтому максимумы и минимумы кривых и расстояния между ними далеко не всегда соответствуют распространению в скважине определенной породной разности. Наиболее достоверные данные обычно дает каротаж в скважинах, пробуренных в слабоуплотненных песчано-глинистых породах. При уплотнении пород их электрокаротажные характеристики становятся менее индивидуализированы, а в карбонатных образованиях каротаж позволяет преимущественно выделять только глинистые прослои (табл. 4.1).

Отсюда следует вывод о необходимости, по возможности, наиболее частого сравнения значений каротажа с керном, поднятым с той же глубины, или хотя бы с данными наиболее близких параметрических скважин. Чрезвычайно возрастает также значение приобретенного исследователем опыта расшифровки каротажных кривых, а также знания геологии разбуриваемого района (следует стремиться к детальному знакомству с основными его обнажениями). В ряде случаев конфигурация кривых каротажа передает аномалии содержания какой-то особенности, превышающей мощность

Таблица 4.1

Характеристика литологических типов пород по данным каротажа (С. В. Лыюров, 2004)

Литологические типы пород	Значения				*d*
	ПС (мВ)	КС (Ом · м)	ГК (мкр/ч)	НГК (усл. ед.)	КВ (см)
Глины, аргиллиты и глинистые сланцы	Высокие (+)	Низкие	Высокие	Низкие	Увеличенные
Алеврито-песчаники	Низкие (–)	Широкий диапазон	Низкие	Высокие	Нормальные
Грубообломочные породы	Разные	Высокие	Разные	Разные	Разные
Известняки, доломиты	Разные	Высокие	Низкие	Высокие	Нормальные
Гипсы	+/–	Высокие	Низкие	Низкие	Нормальные
Ангидриты	+/–	Высокие	Низкие	Высокие	Нормальные
Каменные соли	+/–	Высокие	Низкие	Высокие	Увеличенные
Калийные соли	+/–	Высокие	Высокие	Высокие	Увеличенные
Вулканогенные, метаморфические породы		Высокие		Повышенные	Нормальные

источника, или понижающей ее. Так, К. О. Ростовцев и Е. В. Мовшович (Практическая стратиграфия, 1984) отмечают, что кривые НГК показывают бо́льшую ширину аномалии, чем мощность пласта, при высоком содержании водорода, а при низком его содержании ширина аномалии на кривой меньше мощности пласта. Иногда аномалии кривых отражают наличие в скважине инородных предметов (обрезки труб, башмаки колонн и т. д.). Наиболее достоверная интерпретация глубин расположения литологических разностей и их границ возможна при совместном использовании электро-, радиоактивного каротажа и метода кавернометрии. Однако в обсаженных скважинах возможно применение только радиоактивных видов каротажа.

Наконец, еще один чрезвычайно важный момент. Каротажные кривые имеют сложную конфигурацию *непрерывных* линий. Геологический же разрез представляет собой *прерывистую непрерывность*, где первое свойство — это границы слоев и стратонов. Проведение граничных поверхностей в скважинах так же, как и в обнажениях, в значительной степени субъективно, но субъективно не в одинаковой степени. К. О. Ростовцев и Е. В. Мовшович (Практическая стратиграфия, 1984) предлагают, в частности, проводить границу на кривых ГК и ПС по середине линий между смежными резкими максимумами и минимумами. И все же, вероятно, эти границы не будут точно соответствовать разделам слоев в обнажении. Если это касается элементарных частей разреза, то такими различиями, наверное, можно пренебречь. Однако при установлении границ свит, пачек, толщ подобное несоответствие может иметь чрезвычайно важное значение. Поэтому должны быть качественно и максимально подробно охарактеризованы стратотипы литостратонов и детально описаны принципы проведения их границ. (Потому же не следует, как это иногда имеет место, выбирать в качестве стратотипов разрезы скважин.) Исследователь скважин при интерпретации геофизических данных должен быть хорошо знаком с выделяемыми в районе литостратонами и их особенностями.

Все же в разрезах скважин однозначно выделяются поверхности резкой смены состава отложений, связанные в большинстве случаев с угловыми несогласиями или размывами. Кроме того, подобные поверхности или интервалы разреза могут соответствовать пройденным маркирующим горизонтам, выраженным «особыми породами». По физическим параметрам они могут резко отличаться от характерных для вмещающих породообразований. Таким образом, геофизическое исследование скважин является в основном специфическим инструментом расчленения геологического разреза по вещественным признакам. Корреляционные возможности их достаточно ограничены. Они сводятся к использованию, главным образом, последовательного сравнения глубин нахождения резких литологических разделов или маркирующих горизонтов. При этом достоверность и точность кор-

реляции обычно обратно пропорциональны расстоянию между скважинами и сложности геологического строения исследуемой площади. Стратиграфическая корреляция скважин достаточно надежна в пределах конкретной структуры платформенного типа (свод, купол, прогиб и т. п.), образованного одним (или близким) типом разреза. В сложноскладчатых областях подобная операция, как правило, невозможна.

Что же касается установления соответствия тех или иных стратиграфических интервалов скважин подразделениям ССШ, то с помощью только геофизического исследования скважин оно просто не возможно. Для этого необходимо комплексное использование геофизических, биостратиграфических и других стратиграфических методов. (К сожалению, среди ряда буровиков и геофизиков существует тенденция устанавливать системы, отделы, ярусы и другие единицы ССШ по значениям каротажных кривых.)

Наряду с получением данных о строении геологического разреза в отдельных точках, геофизические методы все шире используют для исследования глубин одновременно на больших площадях. Особенно важны они при изучении океанического и морского дна, но и на континентах, прежде всего в областях платформенного развития, геофизические методы являются ведущими при проведении разного рода поисковых работ.

Сейсмостратиграфические методы. Для стратиграфических целей в настоящее время наиболее распространены *сейсмические* методы, или «сейсмостратиграфия» (рабочий термин Д. П. Найдина, 1989). В настоящее время на них приходится 90 % всех средств, затрачиваемых на геофизические исследования (С. В. Лыюров, 2004). В современном виде сейсмостратиграфия появилась в начале 60-х гг. XX в. при сейсмическом профилировании американцами океанического дна и называлась вначале «акустической стратиграфией». В нашей стране сейсмостратиграфия получила широкое распространение после выхода в свет в 1982 г. перевода обобщающей работы американских авторов «Сейсмическая стратиграфия» (Seismic Stratigraphy..., 1977). В ней были сформулированы основные положения данного направления: «Сейсмостратиграфия представляет собой один из геологических методов стратиграфической интерпретации сейсмических данных. Специфические особенности отраженных (преломленных, обменных — *В. П.*) волн позволяют непосредственно использовать при их интерпретации геологические концепции, *базирующиеся на физических основах стратиграфии*» (выделено мною — *В. П.*). «Предмет сейсмической стратиграфии — это изучение стратиграфии и фациального состава осадочных пород посредством интерпретации данных сейсморазведки» (Д. П. Найдин, 1989).

Таким образом, сейсмостратиграфия представляет собой тесный комплекс геологических и геофизических методов и заключается в геологической интерпретации записей сейсмограмм (рис. 4.16).

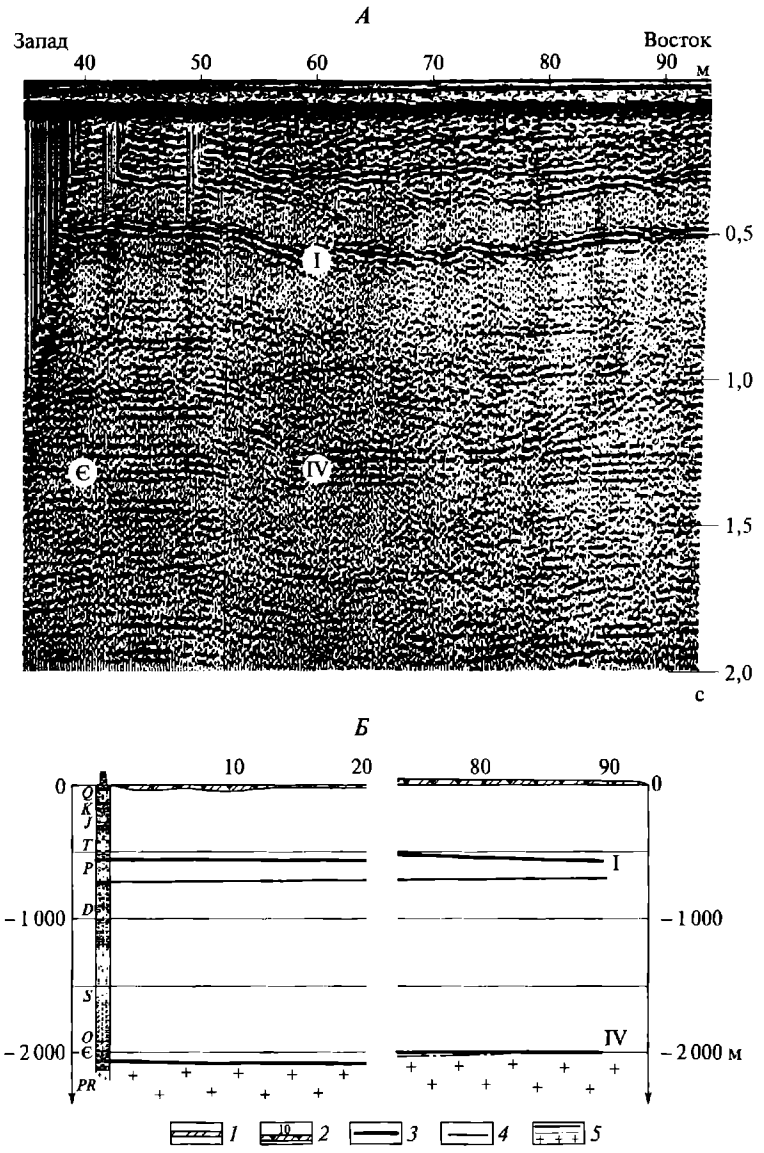


Рис. 4.16. Временно́й (*А*) и сейсмический (*Б*) разрезы по профилю 4316 (I—IV) Славской площади Балтийской синеклизы (Методические рекомендации..., 1975):

1 — дневная поверхность; *2* — пикеты профилей; *3* — отражающие границы (по данным ОГТ); *4* — стратиграфические границы (по геологическим данным); *5* — поверхность фундамента

Безусловным достоинством метода являются возможность высокоинформативного анализа строения геологического разреза одновременно на огромном протяжении и быстрота выводов, не требующая дополнительных аналитических и других вспомогательных операций.

Н. Я. Кунин (1989) дает формулировки некоторых основных постулатов «сейсмографии» (автор называет их положениями, носящими характер вероятных закономерностей).

I. Сейсмические границы являются хрономаркерами, отделяющими нижележащие, более древние, отложения от вышележащих, более молодых. Они приурочены частично к литологическим границам и тоже имеют хронологический смысл, фиксируя смену обстановки седиментации, частично проходят внутри однородных толщ, фиксируя некоторые перерывы седиментации при сохранении неизменной общей обстановки седиментации.

II. Седиментационные тела трехмерны и занимают определенные объемы геологического пространства и интервал на хронологической шкале. Их границы трассируются по системе оконтуривающих согласных и несогласных поверхностей, последние из которых маркируются прекращением прослеживания отражающих границ.

III. Сейсмостратиграфические объекты формируют систему из некоторых иерархических совокупностей, заполняющих всю седиментосферу (осадочную оболочку земной коры — *В. П.*).

IV. Основой для оценки геологического возраста сейсмостратиграфических объектов служит шкала эвстатических изменений уровня моря или Мирового океана (шкала Вейла)[1]. Для замкнутых бассейнов подобную роль могут играть местные шкалы (вероятно, изменение уровня базиса эрозии? — *В. П.*).

V. Существуют тесные вероятностные отображения объемными ансамблями сейсмических отражений обстановки седиментации, т. е. «рисунок сейсмической записи» каждого временного разреза через ансамбль (комплекс) сейсмических тел случаен. При прохождении его многими профилями каждый будет оригинальным.

Как совершенно правильно отмечал Д. П. Найдин (1989), временной разрез еще не стратиграфический и не литологический. Его отражающие границы являются не хроностратиграфическими (как считают многие геофизики), а литологическими уровнями, четко разделяющими толщи пород различного состава, структуры, степени

[1] Шкала Вейла представляет собой «модальное среднее из скоррелированных региональных циклон», среди которых выделяются циклы второго порядка — суперциклы продолжительностью 10—80 млн лет и циклы третьего порядка, продолжительностью 1—10 млн лет. Но ведь продолжительность геохронологических единиц (эонов, эр, периодов, эпох, веков и др.) устанавливается путем определения изотопных характеристик ТГСГ (GSSP), интервалы между которыми отнюдь не одинаковы, да и многие из них пока не определены.

метаморфизма или уплотнения, т. е. несогласиями[1]. Достаточно часто эти ограничения связаны действительно с уровнями поверхности вод Мирового океана — границами осадочных секвенций (см. выше). Но вряд ли сравнение со шкалой Вейла, весьма усредненной, сможет дать их строгое стратиграфическое положение. Во-первых, отражая физические свойства раздельных толщ, эти границы неизбежно диахронны. Во-вторых, занимаясь конкретной региональной геологией, вряд ли удастся отличить результаты динамики вод Мирового океана от местного проявления тектонических и седиментационных процессов. Следовательно, определение стратиграфического положения сейсмоединиц возможно только через корреляцию их с РСШ, ОСШ или ССШ, что без привлечения био- и собственно литостратиграфических методов сделать чрезвычайно сложно.

Рисунок записи сейсмограмм между сейсмическими границами выражает акустические свойства соответствующих толщ горных пород, но их непосредственную характеристику можно, наверное, получить лишь путем сравнения с соответствующими эталонами, т. е. принципиально она аналогична анализу каротажных диаграмм.

Следовательно, сейсмостратиграфия представляет собой специфический метод выделения и прослеживания геологических тел, имеющих различные литолого-петрографические характеристики[2]. Таким образом, иерархия подразделений, принятых в СК (1992), на региональные (*сейсмокомплексы*, ограниченные *сейсмогоризонтами*) и местные (*сейсмотолща*, *сейсмоинтервал*, *сейсмопачка*, *сейсмослой*) в общем подобна выделению слоев, пачек, свит, серий и т. д. при литостратиграфических исследованиях.

Следует подчеркнуть, что сейсмические методы прекрасно характеризуют поверхности погребенного рельефа, устанавливают наличие на глубине останцовых возвышенностей, ископаемых рифов, клино-

---

[1] С. В. Лыюров (2004) пишет, что «любое правильно выделенное стратиграфическое подразделение является одновременно и хроностратиграфическим» (с. 172, сноска). На с. 173 говорится, что корреляция в сейсмостратиграфии — синоним хроностратиграфии, однако проводится она на основании сопоставления породных разностей горных пород, соответствующих выделенным скоростям прохождения сейсмических волн. Но ни одна порода не всеместна в одно и тоже время, т. е. не может быть строго одновозрастной. Дальше говорится о том, что сейсмокомплексы сопоставимы с общими стратонами — системами, отделами, ярусами. Тем не менее, ведь последние устанавливаются только стратиграфической корреляцией со стратотипами или интервалами между сложными ТГСГ (GSSP), что сейсмика просто делать не может.

[2] «Сейсмические подразделения — геологические тела, ограниченные по разрезу сейсмометрическими границами» (СК, 2006. Ст. X.1) двух типов: сейсмогоризонтами или субстанциональными (вещественно-структурными). Первый может соответствовать границам раздела стратонов или поверхностям несогласий, второй — резкостным и (или) градиентным разделам в поле акустических параметров. Они могут совпадать или не совпадать с сейсмогоризонтами. Соответствие сейсмостратонов стратиграфическим подразделениям (а не тектоническим и др.) необходимо устанавливать с помощью прямых стратиграфических методов (СК, 2006).

форм и т.д., что имеет первостепенное значение при поисковых работах, особенно на нефть и газ.

Магнитостратиграфический метод. Этот вид геофизического метода также чрезвычайно распространен в настоящее время. По своей природе он принципиально отличается от ранее рассмотренных вещественных, или литостратиграфических, методов. Мы включаем его в группу геофизических методов лишь потому, что он пригоден при наличии в исследуемой породе минералов ферромагнетиков.

Магнитостратиграфический метод, называемый обычно *палеомагнитным*, был разработан в 1953—1958 гг. нашим соотечественником профессором А. Н. Храмовым, и его развитие стало одной из основных составляющих новой отрасли геофизики — магнитологии. Метод заключается в восстановлении истории геомагнитного поля Земли, закрепленной в векторах *естественной остаточной намагниченности* (J_n) горных пород[1].

Земля представляет собой гигантский магнит. Его поле на поверхности подразделяют на постоянное и переменное. Первое отражает процессы, проистекающие в ядре на его границе с мантией и в мантии, где конвенция флюидов подобна работе динамомашины. На него накладывается магнитное поле, созданное в породах земной коры. Переменное магнитное поле связано с процессами, происходящими на Солнце.

Теоретические предпосылки использования палеомагнитного метода в стратиграфии следующие:

– горные породы при своем образовании намагничиваются по направлению геомагнитного поля времени и места их образования (гипотеза фиксации);

– приобретенная первичная намагниченность сохраняется (хотя бы частично) в породе в геологическом масштабе времени и может быть выделена (гипотеза сохранения);

– геомагнитное поле, осредненное за любые промежутки времени порядка 1 млн лет (кроме эпох резких перестроек), — палеомагнитное поле — является полем диполя, помещенного в центр Земли и ориентированного по ее оси вращения (гипотеза центрального осевого диполя) (См.: А. Н. Храмов в книге «Практическая стратиграфия», 1984).

Фактическим основанием использования палеомагнитного метода служат два обстоятельства. Первое заключается в том, что минералы-ферромагнетики распределяются в породе ориентированно по геомагнитному полю. В магматических и метаморфических породах такая ориентация свойственна кристаллам, в осадочных об-

[1] Текст во многом заимствован из учебного пособия «Основы стратиграфии», в котором магнитостратиграфический метод («магнитостратиграфия», по М. В. Лыюрову) разобран очень подробно. В предлагаемом учебнике этот раздел несколько сокращен и упразднен.

разованиях аналогично располагаются содержащие железо обломки.

Направление магнитных векторов кристаллов или обломков еще не обязательно соответствует вектору геомагнитного поля Земли во время и в месте образования породы. Модули этих векторов зависят от многих причин. Они определяются влиянием времени, температуры, химических изменений, механическим напряжением в процессе существования и превращения породы от момента ее образования до момента исследования. Все эти факторы способствуют намагничиванию породы, хотя и могут уничтожить остаточную намагниченность. Общим для всех геологических образований является время, поэтому всеобщее распространение имеет процесс намагничивания, обусловленный *магнитной вязкостью*.

Остаточная намагниченность, возникающая в магнитном поле, называется вязкой *остаточной намагниченностью* (VRM)J_v. Все магматические породы при остывании во время кристаллизации приобретают остаточную намагниченность — термоостаточную (TRM) J_{rt}, — направление которой совпадает с направлением внешнего магнитного поля. В метаморфических породах при химическом преобразовании ферромагнитных минералов в процессе их роста возникает *химическая*, или *кристаллизационная остаточная*, *намагниченность* (CRM)J_{rc}. Она вместе с термоостаточной характерна для метаморфитов.

В процессе образования осадочных пород на составляющие их магнитные частицы оказывает ориентирующее влияние геомагнитное поле Земли. В результате эти обломки получают векторы намагниченности, направленные по полю. При превращении осадка в породу ориентация частиц закрепляется в *ориентационную*, или *седиментационную остаточную*, намагниченность (DRM)J_{ro}.

После ряда аналитических операций над ориентированными в пространстве образцами с ферромагнетиками в ряде случаев удается выделить направление вектора первичной *намагниченности* (J°_{n}), соответствующее времени образования породы (термоостаточная, химическая или ориентационная остаточная намагниченность). Успеху такого выявления способствует обычно наибольшая стабильность компонентов первичной намагниченности. Основным результатом подобного анализа является возможность расчленения разреза на последовательные элементы, обладающие различными J°_{n}, т.е. таким образом решается первая задача стратиграфии.

Вторым обстоятельством, которое позволяет решать вторую задачу стратиграфии — корреляцию, служит замечательная способность нашей планеты производить *инверсии геомагнитного поля*, т.е. обращение полярности или смены положений магнитных полюсов. Инверсии происходят через различные промежутки времени. В результате в осадочной оболочке земной коры возникли части разреза *прямой* (*N-зоны*, когда северный магнитный полюс примерно соот-

ветствует современному положению, и *обратной* (*R-зоны*, когда южный магнитный полюс замещает местоположение северного, а северный — южного) *намагниченности* (табл. 4.2).

Соответственно, границами N- и R-зон являются геомагнитные инверсии, а каждая из зон отличается протяженностью во времени и проявлением постоянства или непостоянства характера намагниченности. Последовательность инверсий за геологическую историю Земли или значительную ее часть подчиняется сложной ритмичности, что позволяет выделять магнитостратиграфические подразделения разного ранга. В связи с тем, что положение магнитных полюсов в одно и то же время едино для всей планеты, палеомагнитные корреляции относятся к числу наиболее надежных.

Данный метод завоевывает все большее признание, и, безусловно, его значение будет возрастать. Однако на современном этапе глобальные сопоставления разрезов по палеомагнитным данным часто затруднены тем, что направления векторов остаточной намагниченности для одновозрастных толщ различных континентов и геологических регионов внутри континентов сильно расходятся, что, очевидно, связано с дрейфом континентов. Такое обстоятельство, во-первых, позволяет создавать региональные и межрегиональные палеомагнитные шкалы (рис. 4.17) и, во-вторых, создает основу для палеогеографических построений (рис. 4.18).

Таблица 4.2

Опорные палеомагнитные данные для определения геологического возраста пород (С. В. Лыюров, 2004)

Платформа	Период, эпоха	Средние координаты полюса		Число определений	Погрешность определения полюса, °	Преобладающая полярность пород
		широта Ф (северная), °	долгота Л (восточная), °			
Восточно-Европейская и Сибирская	Q_{II}-Q_{IV}	87	125	28	3	N
	N-Q_I	80	178	47	4	NR
	K-Pg	76	168	26	3	N
Восточно-Европейская	T_2-J	65	152	14	7	N
	T_1	51	154	25	5	R
	P_2	45	165	34	3	NR
	C_3-P_1	40	168	50	2	R
	C_2	32	161	17	3	NR
	D_1-D_2	28	159	16	6	R
	V	8	189	7	15	R
	R_1	46	232	5	12	N

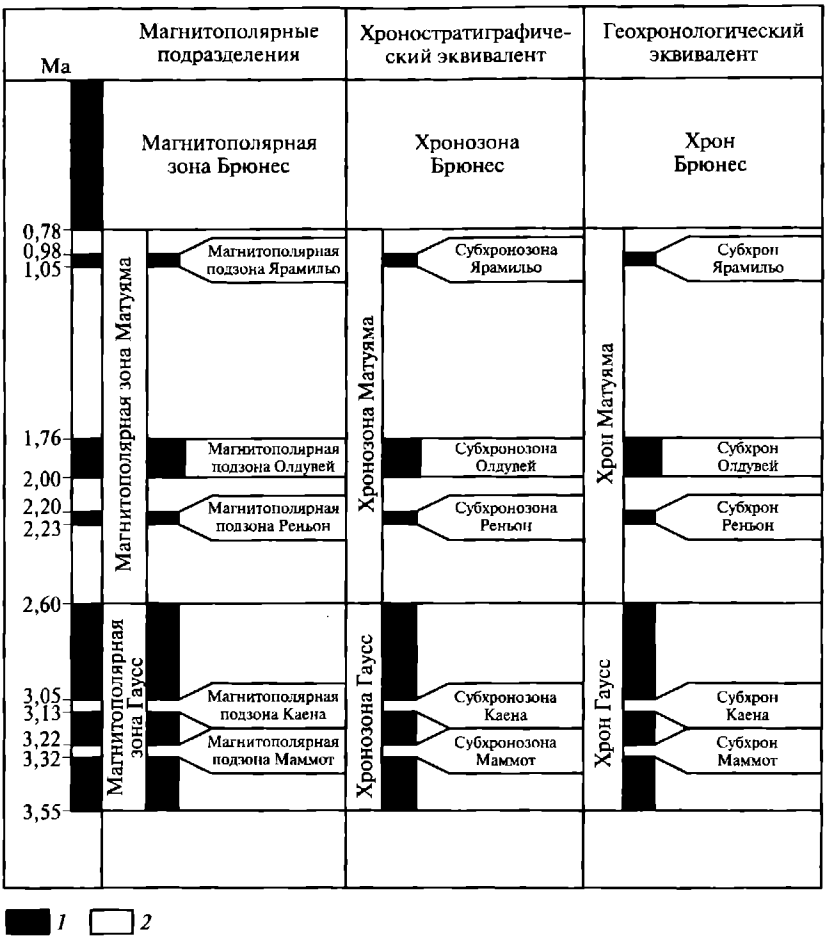


Рис. 4.17. Фрагмент магнитостратиграфической шкалы четвертичной системы (International Stratigraphic Guide, 1994):

1 — прямая полярность; *2* — обратная полярность

Несмотря на огромные перспективы палеомагнитного метода в стратиграфии, он, как и все другие, имеет ряд ограничений или недостатков (частично связанных с современным состоянием этого сравнительно нового метода). Во-первых, он не полевой и требует трудоемкой, сложной и дорогой обработки, которая далеко не всегда дает положительный результат. Во-вторых, породы прямой и обратной намагниченности не имеют своей собственной индивидуальности и потому необходимы палеонтологические или литологические их признаки, чтобы увязать палеомагнитные данные с единицами РСШ и ССШ. Для их достоверного получения необходима *максимально*

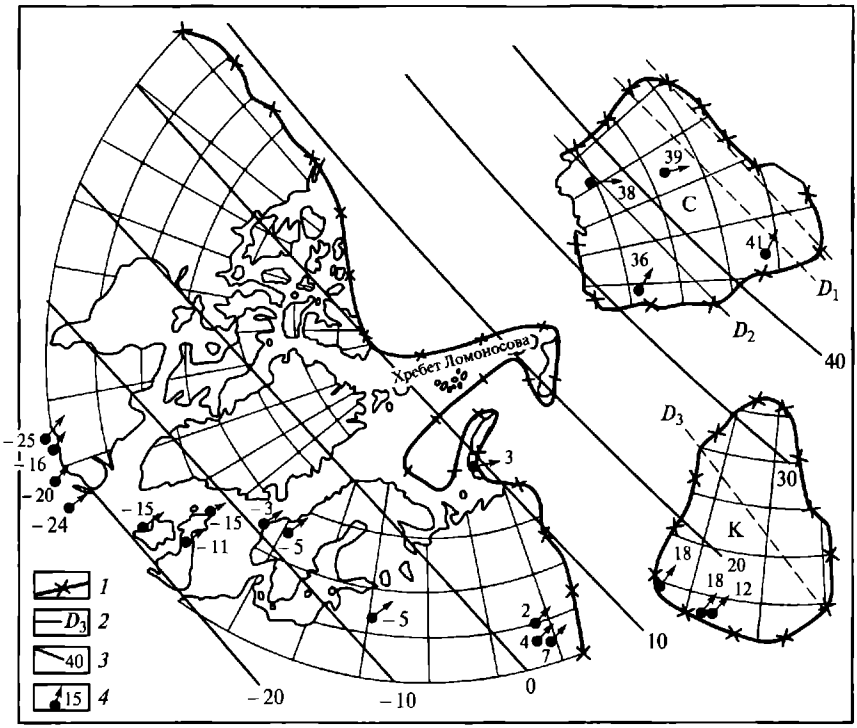


Рис. 4.18. Реконструкция по палеомагнитным данным положения материков северного полушария в позднем силуре — раннем девоне (Устрицкий, 1993; упрощено):

1 — границы континентов; *2* — границы Бореальной области (индексы указывают время, для которого они проведены); *3* — широты по палеомагнитным данным; *4* — палеомагнитные направления на полюс и палеошироты для конкретных точек

точная стратиграфическая привязка образцов, отбираемых на палеомагнитный анализ, к уровням с определенным положением биостратиграфического или литостратиграфического (обычно менее надежного) критерия. В-третьих, общие магнитостратиграфические подразделения обычно скоррелированы с геохронологическими подразделениями, которые сами не индивидуализированы, далеко не всегда корректны, а главное, являются количественными единицами, не позволяющими устанавливать качественные рубежи. Это одна из причин того, что палеомагнитная международная шкала ограничена по времени 110 Ма (на 1994 г.). Наконец, в-четвертых, по данным профессора университета г. Сан-Диего М. К. Маршалла, геомагнитная инверсия совершается в течение примерно 2 000 лет (по другим данным — 5 000 лет), т. е. границы палеомагнитных стратонов также носят количественный (интервальный) характер. Столь малым значе-

нием относительности пока можно пренебречь, однако принципиально это отличает палеомагнитные рубежи от границ стратонов другой природы и в будущем может привести к недоразумениям.

В настоящее время для целей корреляции кроме фиксации смен векторов намагниченности используется метод сравнения рисунка кривых движения палеополюсов различных разрезов, считающихся приблизительно одновозрастными. Тот из них, который имеет лучшую стратиграфическую характеристику (по сравненною с ССШ), принимается за эталонный, причем он применим как для фанерозоя, так и для докембрия.

Подразделения, выделяемые с помощью палеомагнитного метода, образуют две группы магнитостратиграфических шкал:

1) основанных на изменениях во времени геомагнитного поля Земли, пригодных для коренных пород в масштабе всей планеты; в основном используется магнитостратиграфическая шкала полярности, которая базируются на выявлении магнитных инверсий, — последовательности ряда интервалов шкалы разного ранга прямой N (черного цвета), обратной R (незакрашенной) и переменной NR (полосчатой) полярности;

2) отражающих условия образования горных пород (интенсивность намагниченности) — это региональные и местные шкалы, позволяющие проводить корреляцию только в пределах своего региона.

По требованиям Международной подкомиссии по стратиграфической номенклатуре в практике геологов и геофизиков дальнего зарубежья используются хроностратиграфические и хронологические единицы:

Хроностратиграфические единицы	Хронологические единицы	Продолжительность, годы
Гиперзона полярности	Гиперзона полярности	$10^7 - 10^8$
Суперзона полярности	Суперзона полярности	$10^6 - 10^7$
Зона полярности	Хрон полярности	$10^5 - 10^6$
Субзона полярности	Субхрон полярности	$10^4 - 10^5$

Интервал между последовательными инверсиями полярности — *интервал полярности* — термин свободного пользования.

В России номенклатура магнитостратиграфических подразделений и принципы построения общей и региональных стратиграфических шкал несколько отличаются от зарубежных (СК, 2006). Среди них выделяются по принципу обоснования *магнитополярные* и *магнитные*. Первые «основаны на магнитных параметрах, отражающих характеристики изменения геомагнитного поля во времени: изменения (обращения) полярности поля (инверсии, экскурсы), его напряженности, координат палеомагнитных полюсов и др.» При этом главной характеристикой и основным критерием выделения является поляр-

ность геомагнитного поля. Среди магнитополярных подразделений различают общие, региональные и местные.

«Магнитные подразделения выделяются по совокупности численных магнитных характеристик (по значениям магнитной восприимчивости, остаточной намагниченности, по параметрам магнитного насыщения и др.). Магнитные подразделения относятся к региональным и местным» (СК, 2006, Ст. IX.2).

Общие магнитополярные подразделения объединяют *магнитозоны полярности*, обладающие присущей им магнитной полярностью, отличающей их от вмещающих магнитозон (СК, 2006. Ст. IX.3). Они в своей первичной последовательности образуют Магнитостратиграфическую шкалу полярности «путем сопоставления опорных магнитостратиграфических разрезов с подразделениями ОСШ» (СК, 2006. Ст. IX.5).

Стратотипы зон магнитной полярности выбираются по материалам колонок магнитной полярности, входящих в состав соответствующих подразделений ОСШ. Он должен включать и стратотипы инверсионных уровней, ограничивающих магнитозону, — *инверсионный* (*маркирующий*) *уровень*. Если инверсионный переход занимает значительный по мощности интервал разреза, то его называют «*зоной переходной полярности*».

«Ранг магнитостратиграфического подразделения определяется длительностью и значимостью соответствующего ему этапа в истории геомагнитного поля». Эмпирически он устанавливается по стратиграфическим объемам отложений, которым отвечает данное подразделение, или с помощью изотопно-геохронометрических данных (СК, 2006. Ст. IX.9).

Магнитополярные подразделения	Магнитохронологические подразделения полярности и их приблизительная длительность, млн лет
Мегазона	Мегахрон > 100
Гиперзона	Гиперхрон 100 — 30
Суперзона	Суперхрон 30 — 5
Ортозона	Ортохрон 5 — 0,5
Субзона	Субхрон 0,5 — 0,01
Микрозона	Микрохрон < 0,01

Ранг общих магнитополярных подразделений условно определяется по их соотношению с объемами единиц ОСШ. Приведенные подразделения в настоящее время применимы только для вендской системы и фанерозойской эонотемы.

Основным подразделением магнитополярной шкалы служит *ортозона* — «монополярный интервал разреза или сочетание разнополяр-

ных субзон. По объему она сопоставима с ярусом или его частью. Ортозоны нумеруются отдельно по полярности. Допускается сохранение ранее введенных собственных названий для глобально идентифицированных ортозон» (СК, 2006. Ст. IX.15).

Примеры: ортозона прямой полярности Брюни (N); первая (снизу) зона обратной полярности татарского яруса[1] верхней перми — R_1P_2t; первая зона прямой полярности татарского яруса верхней перми — N_1P_2t и т.д.

Выше уже говорилось о специфике временны́х единиц (см. также далее). Их использование приводит к потере определенности стратиграфических построений, подмене одних понятий другими, и потому, как нам кажется, временны́е характеристики не являются прямым предметом стратиграфии — это прерогатива исторической геологии. Вероятно, следует создавать *независимую* палеомагнитополярную шкалу, и затем разными способами *коррелировать ее с ССШ*.

«Региональные и местные магнитостратиграфические подразделения — это магнитополярные и магнитные подразделения, познаваемые лишь в пределах конкретных регионов или структурно-фациальных зон. Независимо от принципа обоснования региональные и местные подразделения выделяются на основе региональных или местных стратонов» (СК, 2006. Ст. IX.19).

Ранги данных подразделений определяются по соотношению с единицами ОСШ и обозначаются «зонами полярности» с собственными, в том числе географическими названиями орто- и субзон. Они имеют обозначения возрастного индекса, обозначения полярности и сокращенного географического названия основного стратона. Нумеруются снизу вверх: зоны P_2R_1 — чаган; P_2N_1 — чаган; P_2R_2 — чаган.

Магнитозоны, выделенные по численным магнитным характеристикам, не связанным с древним геомагнитным полем, собственных названий не имеют; их названия заменяют краткой характеристикой (зона повышенной магнитной восприимчивости в верхах зурамакентской свиты). Однако, к сожалению, и в данном случае выделение магнитозон ставится в зависимость от региональных стратонов.

Отмеченные недостатки ни в коем случае не отрицают чрезвычайно важного значения палеомагнитного метода, а отражают лишь его современное состояние, знание которого должно обеспечить стратиграфам наиболее сознательное использование его результатов.

Помимо палеомагнитных инверсий направление геомагнитного поля Земли испытывает обычно относительно кратковременные колебания с типичной амплитудой около 15° и периодом 10^2 — 10^4 лет. В стратиграфических разрезах часто наблюдаются интервалы неустойчивого состояния геомагнитного поля — аномальные. Они включаются в состав вмещающего магнитостратиграфического подразделе-

[1] В настоящее время татарский ярус переведен в ранг верхнего отдела пермской системы.

ния и не представляют самостоятельной таксономической единицы. Такие интервалы называются — «экскурсами». Они могут служить очень четкими стратиграфическими маркерами, но их глобальное прослеживание затруднено: во-первых, они очень коротки и выделить их удается не везде; во-вторых, возможно, они отражают лишь локальные явления; и, в-третьих, могут быть обусловлены деформациями изученных пород, а не геомагнитными явлениями.

Магнитостратиграфические исследования стремятся решать в основном следующие задачи: 1) расчленение толщ горных пород по палеомагнитным характеристикам; 2) корреляцию региональных и местных стратиграфических схем с ОСШ или ССШ; 3) создание Стандартной (Международной) магнитостратиграфической шкалы.

В настоящее время палеомагнитный метод наиболее успешно используется для: 1) изучения стратиграфии четвертичной и неогеновой систем и определения подошвы квартера; 2) разработки и обоснования магнитостратиграфической шкалы фанерозоя и протерозоя; 3) корреляции стратиграфических шкал континентов, в особенности континентальных образований; 4) изучения стратиграфии немых толщ, вулканических пород и руд; 5) детальной корреляции разрезов неогена, верхней перми — триаса, верхнего кембрия — ордовика.

Наиболее благоприятны для палеомагнитных исследований первично окрашенные красноцветные осадочные породы и эффузивы основного состава, некоторые сероцветные осадочные породы и бокситы (С. В. Лыюров, 2004).

4.1.2. Геохимический (хемостратиграфический) метод

Этот метод основан на изучении характера распределения и миграции элементов в земной коре (См.: Д. С. Кашик в книге «Практическая стратиграфия», 1984). Возможность использования геохимических данных для целей стратиграфии вытекает из закономерностей поведения химических элементов и их связей, изложенных в классических трудах В. М. Гольдшмидта, В. И. Вернадского, А. Е. Ферсмана, Н. М. Страхова и др. В частности, установлено, что для литосферы характерно закономерное повышение концентраций отдельных химических элементов в результате геохимической миграции атомов в некоторых слоях или толщах. Кроме того, общая эволюция строения земной коры выражается в последовательном изменении соотношений горных пород разного генезиса и, следовательно, в направленном изменении их геохимического состава как в отдельных регионах, так и для Земли в целом. Однако в настоящее время использование данного метода в стратиграфии находится лишь в стадии зарождения,

тогда как в остальных науках и направлениях геологического цикла геохимия уже давно занимает весьма почетное и чрезвычайно важное место.

Д. С. Кашик справедливо писал, что при разработке детальной стратиграфической основы геохимический метод играет, как правило, вспомогательную роль. Она сводится, главным образом, к установлению и прослеживанию какого-то интервала разреза, обогащенного определенным химическим элементом, и привязке его к подразделениям ССШ или РСШ. Прекрасным примером является выделение «иридиевого горизонта» — прослоя глин, обогащенных платиноидами (Ru, Pt, Pd, Rh, Os и др.), осуществленное Л. Альваресом (Alvarez) в 1970 г. в разрезе Губбио (Италия) на границе меловой и палеогеновой систем. Позже, примерно в такой же стратиграфической позиции «иридиевые глины» были установлены в ряде пунктов на очень широкой площади (от Бразилии до Туркмении и от Дании до Северной Африки).

Данному феномену было посвящено огромное количество публикаций, в которых рассматривался преимущественно вопрос генезиса этих слоев. Обычно без особых обоснований принималось их одинаковое граничное положение и, наконец, даже ТГСГ рубежа мезозойской и кайнозойской эратем (маастрихтского и датского ярусов) была утверждена в основании «иридиеносных глин», в разрезе Эль-Кеф (Тунис). Позже обогащенные платиноидами горизонты обнаружились и на других уровнях в верхнем девоне, в вендской системе и т. д. Возникло даже предложение использовать подобные уровни в качестве границ ССШ различного ранга. Однако при этом далеко не всегда проводился действительно качественный анализ приуроченности их к одному и тому же стратиграфическому уровню в различных местах проявления. Кроме того, подобные горизонты, как правило, разделяли существенно различные по литологическим и палеонтологическим признакам толщи, т. е. отражали прерывность разреза. Границы же подразделений ССШ, ОСШ а часто и РСШ эталонируются в непрерывных разрезах (см. выше).

Одновременно следует отметить, что сам факт наличия таких горизонтов, обогащенных иридием или любым другим химическим элементом, имеет важное стратиграфическое значение как для расчленения, так и для корреляции отложений (обычно региональных построений). Важен геохимический метод и для расчленения мощных однородно построенных серий, таких как сульфатно-карбонатные, кремнистые, вулканогенно-осадочные. Большую помощь здесь может оказать изучение изменения связей между химическими элементами и образуемыми ими ассоциациями — направление, еще недавно успешно разрабатываемое Ю. К. Бурковым. Оно позволило В. Н. Шванову (1992) разобраться в сложном покровно-складчатом строении в значительной степени метаморфизованного разреза палеозоя Тянь-Шаня.

Представляется, что геохимический метод в стратиграфии весьма перспективен в ряде случаев, особенно для «закрытых территорий». Он может стать одним из ведущих, прежде всего при местных и региональных исследованиях. Вместе с тем это не полевой метод, и для его использования необходимы серьезная лабораторная база и время для проведения аналитических работ.

Попытки выражения геохимических закономерностей в единицах ССШ, ОСШ или даже РСШ представляются нам в большинстве случаев несостоятельными. Следует выявить независимую самостоятельную последовательность ассоциаций химических элементов в частном разрезе, геологическом регионе и, может быть, в земной коре, а затем уже сопоставлять ее с существующими или создающимися РСШ и ССШ.

Что же касается геохимических характеристик стратонов других категорий, то, конечно, они полезны (см. выше), но не могут считаться элементами самостоятельного направления хемостратиграфии.

4.1.3. Геохронометрические методы

Геохронометрические методы объединяют приемы, определяющие в стандартных единицах физического времени (обычно в годах) удаленность образования геологических объектов от современности (по принятому международному соглашению от 1950 г.), или продолжительность их существования, либо скорости и длительности геологических процессов.

Как отмечалось выше, определение времени в геологии не входит в задачи стратиграфии (с чем многие не согласны). Это проблемы геохронологии, исторической геологии и др. Однако в ряде случаев и прежде всего в сложно построенных регионах, образованных преимущественно метаморфическими или магматическими породами (например, на щитах древних платформ или в Байкальской складчатой области), установить первичные пространственно-временны́е отношения их можно лишь на основании данных о времени возникновения формационно-тектонических элементов разреза. Краткие сведения о приемах геохронометрии приведены ниже.

Мы относим их к вещественным методам, поскольку в большинстве случаев именно особенности петрографо-литологического состава позволяют определить время происхождения или преобразования горной породы. В геологии для этой цели наиболее употребимы и все шире распространяются методы, названные *изотопными*, *радиометрическими* или *изотопно-геохронометрическими* (наиболее предпочтительный термин). Раньше они чаще всего назывались методами абсолютной геохронологии (или методами определения *абсолютного возраста*), что на деле не соответствует данному термину.

Изотопные методы основаны на особенности радиоактивных химических элементов, входящих в состав многих минералов, преобразовываться в их стабильные изотопы с постоянной скоростью, строго определенной для каждого элемента. Устанавливая соотношение мобильных и стабильных изотопов в анализируемой пробе, можно определить в единицах астрономического времени удаленность образования радиоактивного элемента и, соответственно, возраст породы, в строении которой принимает участие содержащий его минерал.

Определение возраста горных пород явилось первым практическим применением процесса радиоактивного распада, открытого А. Беккерелем. Уже в 1902 г. П. Кюри показал, что это явление дает человеку меру времени, а к 1904 г. Э. Резерфорд и Б. Болтвуд доказали постоянство отношений U/Ra и U/Th в земных телах. Исследования А. Холмса заложили основу методики определения геологического возраста пород по изотопам и привели к созданию первой геохронологической шкалы.

В настоящее время изотопные методы основаны на распаде радиоактивных элементов, преобладающих в земной коре. Из приблизительно 1 600 природных и искусственных изотопов стабильны только 272 (С. Л. Афанасьев, 1987). Для определения геологического возраста пород используются долгоживущие радиоактивные изотопы (табл. 4.3). Применение этих методов корректно лишь при двух допущениях: во-первых, что скорость радиоактивного распада неизменна в течение всей геологической истории (что, по-видимому, подтверждается физическими экспериментами); во-вторых, что все устойчивые изотопы образовались в анализируемом минерале только за счет распада исходных радиоактивных изотопов. Данное допущение непосредственно проверить невозможно, его можно лишь проконтролировать, сравнив с результатами определения возраста того же объекта другими методами.

Таблица 4.3

Основные характеристики долгоживущих радиоактивных изотопов (С. Л. Афанасьев, 1987)

Изотоп	Тип распада	Константа распада, 10^{10} лет	Период распада, 10^9 лет
^{238}U	А	1,55125	4,551
^{235}U	α	9,8435	0,707
^{232}Th	α	4,9475	14,1
^{40}K	β	4,962	1,25
	K	0,581	
^{87}Rb	β	1,42	48,8
^{147}Sm	α	6,537	106
^{187}Re	В	1,61	43 ± 5

Расчет возраста минералов и горных пород производится по формуле

$$t = (1/\lambda)\ln(D/t + 1),$$

где t — возраст объекта, годы или, чаще, миллионы лет; λ — константа распада, показывающая, какая часть атомов радиоактивного элемента распадается за единицу времени — год, сутки, часы и т.д. (долгое время разными авторами применялись различные значения констант; в 1978 г. на XXV сессии МГК были установлены единые значения констант); D — число атомов нерадиоактивного вещества, возникших за время t; D/t — число атомов радиоактивного элемента в настоящий момент.

Для определения возраста геологических объектов используются преимущественно следующие типы радиоактивного распада:

$$^{238}U \rightarrow {}^{206}Pb + 8\,{}^{4}He,$$
$$^{235}U \rightarrow {}^{207}Pb + 7\,{}^{4}He,$$
$$^{232}Th \rightarrow {}^{208}Pb + 6\,{}^{4}He,$$
$$^{40}K + e \rightarrow {}^{40}Ca + {}^{40}Ar + \beta,$$
$$^{87}Rb \rightarrow {}^{87}Sr + \beta.$$

Степень достоверности датировок зависит главным образом от качества анализируемой пробы и степени сохранности в ней исследуемых элементов. Только те пробы, которые удовлетворяют самым жестким требованиям отбора, позволяют получать надежные результаты. Поэтому корректные данные могут быть получены при обработке сравнительно небольшого процента отобранных проб (Практическая стратиграфия, 1984).

Охарактеризуем наиболее применимые в геологической практике методы изотопного определения возраста горных пород.

Калий-аргоновый метод. Используется для магматических и метаморфических пород по минералам, содержащим калий (слюды, полевые шпаты, роговые обманки, пироксены), для осадочных пород — по глаукониту. Исследуются только мономинеральные пробы, но достоверными считаются результаты, совпадающие для двух-трех сосуществующих минералов: биотит — калиевый полевой шпат, биотит — амфибол, амфибол — пироксен, пироксен — плагиоклаз. Кроме того, результаты можно считать надежными только в том случае, если минералы и породы во все время своего существования представляли замкнутые системы; наложенные процессы (прогрев, катаклаз, диафторез, выветривание) искажают результаты. Погрешность метода ±4 %. Наиболее надежным считается для среднепалеозойских и кайнозойских образований (в настоящее время почти не применяется).

На тех же принципах основан **аргоновый изотопный метод** для горных пород, не подверженных значительному метаморфизму и перекристаллизации. Используется преимущественно для фанерозоя.

Рубидий-стронциевый метод. Применяется для магматических и метаморфических пород по минералам, содержащим рубидий (амазонит, лепидолит, биотит, мусковит, микроклин). Наиболее широко используется изохронный вариант по породе в целом, преимущественно для кислых и средних пород. Составляется серия проб (5—7 по 2—5 кг каждая, все из одного объекта — фазы, фации, горизонта, дайки, покрова, с различным отношением Rb/Sr, но всегда > 1,0; чем моложе порода, тем более высоким должно быть отношение). Достоверность значений для каждой пробы контролируется линейным расположением точек на изохронном графике. Точность зависит также от степени замкнутости системы. Погрешность метода ±(3—5)%. Применяется для докембрийских и фанерозойских образований.

Свинцовый метод. Используется преимущественно для докембрия в двух вариантах: ***свинцово-изотопном*** и ***свинцово-изохронном***. Первыми исследуются минералы, содержащие уран и торий: уранинит, настуран, монацит, циркон, ортит, колумбит и др. Их выделяют из проб в 50—100 кг. Погрешность ±5 %.

Второй вариант исследует породы — гнейсы, кристаллические сланцы, мраморы, известняки, джеспилиты. Требуется 7—8 проб по 3—8 кг, по возможности, монолитных. Возраст изучается по четырем изотопным отношениям: $^{207}Pb/^{235}U$, $^{206}Pb/^{238}U$, $^{208}Pb/^{232}Th$, $^{207}Pb/^{206}Pb$. Совпадение результатов свидетельствует об их достоверности. Наиболее близки к истинным значениям отношения $^{207}Pb/^{206}Pb$ для докембрия, а остальные — для фанерозоя. Метод наиболее надежен для датировки докембрийских многократно преобразованных формирований. Погрешность метода ±5 %.

Наряду с названными выше используется ***уран-свинцовый изохронный*** метод, считающийся в настоящее время наиболее точным (погрешность — доли процента). В качестве образцов достаточно отдельных зерен циркона или бадделеита.

Радиоуглеродный метод. Находит применение только для позднего плейстоцена — голоцена, от 1 до 60 000 лет. Этим методом исследуются объекты органической природы: древесина, древесный уголь, торф, кости, раковины, сталактиты и т.д., в которых содержится естественный радиоуглерод ^{14}C. Для анализа необходимы чистые пробы, не загрязненные никакими побочными влияниями. Результаты сложных анализов могут быть искажены наложенными процессами — гниением, адсорбцией углеродсодержащих веществ из грунтовых вод, выветриванием и т.д. Погрешность метода ±5 %. Для этого же стратиграфического интервала используются ***радиево-ониевый*** и ***изотопно-кислородный*** методы.

Последний основан на соотношении изотопов кислорода ^{16}O и ^{18}O в раковинах морских организмов (этот метод позволяет устанавливать палеотемпературы и для более древних образований). Для последних 40 000 лет создана ***изотопно-кислородная шкала***, стадии которой, соответствующие времени потепления и похолодания, позволяют

проводить детальную корреляцию голоцена и позднего плейстоцена.

Термолюминесцентный метод. Для определения возраста четвертичных отложений В. Н. Шелкопляс и Г. В. Морозов в 1965 г. предложили термолюминесцентный метод, ранее применявшийся для датировок археологических объектов. Он основан на способности электронов кристаллической решетки кварца и калиевого полевого шпата под воздействием солнечного света или ультрафиолетового излучения становиться люминесцирующими центрами, испускающими свет. Этот световой сигнал характеризуется измеряемыми температурой, интенсивностью и световой волной. Для датировок используются преимущественно ультрафиолетовый и синий спектры. Исследуемый осадок должен освещаться солнечным светом до захоронения более 8 ч и представлять собой гомогенный слой мощностью более 50 см. Осадок при этом не должен подвергаться переотложению и диагенетическим преобразованиям. Современная точность термолюминесцентного метода 75 000 — 100 000 лет, ошибка составляет 10 — 15 %. В настоящее время используется в качестве дополнительного.

Самарий-неодимовый метод. Основан на распаде ^{147}Sm и превращении его в ^{143}Nd. Отличается наибольшей устойчивостью среди других систем. Применяется для определения докембрийских, фанерозойских и лунных пород, главным образом, основного и ультраосновного состава. Требует очень чувствительных и точных аналитических определений. Подобный самарий-неодимовому ***лютеций-гафниевый метод*** охватывает более широкий спектр горных пород.

Иногда в молибденовых минералах используют ***рений-осмиевый метод***, основанный на соотношении $^{187}Os/^{187}Re$.

В настоящее время разрабатываются ***калий-кальциевый*** и ***уран-ксеноновый методы*** датировок докембрийских образований. Кроме того, ведется работа по применению почти по всем перечисленным методам ***нейтронно-активационных вариантов***, которые смогут датировать открытые системы.

На основании определения геологического возраста горных пород О. П. Ковалевский предлагает выделять *геохронометрические подразделения* — подразделения геологического времени, выраженные числами в стандартных единицах физического времени. Общепринятой единицей времени является *стандартный год* Международного астрономического союза, определенный в секундах. Эталонная секунда воспроизводится с помощью атомно-цезиевых часов. Это время, равное 9,192631700 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия (^{133}Cs). При использовании единиц времени в геологии рекомендуется международная система сокращенных обозначений с буквой «а» (от лат. annum — год): Ka (Kilo-annum) — 10^3 лет, Ma (Mega-annum) — 10^6 лет, Ga (Giga-annum) — 10^9 лет.

Применение геохронометрических методов, безусловно, служит общему прогрессу геологии. Оно дает представление о количественной стороне геологической истории и позволяет восстанавливать последовательность геологических образований в тех регионах, где остальные методы неприменимы или ненадежны.

Вместе с тем, все изотопные методы имеют ряд недостатков, которые следует учитывать при геологических построениях. Во-первых, это не полевые методы. Они требуют чрезвычайно трудоемкого и точного опробования, которое практически невозможно без специального снаряжения, транспорта, персонала и т. п. Кроме того, сам изотопный анализ производится только в специальных лабораториях, оснащенных современным оборудованием, и потому дорог и требует много времени. По этой причине он трудно доступен, а иногда просто не может быть использован во многих геологических организациях.

Во-вторых, средняя погрешность методов оценивается в ±5 %. Казалось бы, не плохая погрешность, но для докембрия, где такие методы наиболее важны, это составляет сотни Ма (млн лет). К тому же к погрешности метода часто прибавляются ошибки лабораторий, исполнителей, приборов и пр. Правда, погрешности методов постепенно сокращаются и, по словам академика РАН М. А. Семихатова, сейчас практически для большинства объектов ошибка может составлять первые миллионы лет. Тем не менее достигнуть этого в каждом случае далеко не просто.

Главным недостатком всех изотопных методов, как отмечают специалисты, является то, что в огромном большинстве случаев нет уверенности в датировках событий. Что означают даты «время образования объекта» или «время его преобразования»?

И, наконец, еще одно замечание. Получая представление о возрасте того или иного объекта, мы используем отдельные образцы серии, свиты, дайки и автоматически переносим это значение на весь стратон, который сам мог формироваться достаточно долго.

4.2. Палеонтологические (биостратиграфические) методы

Биостратиграфические исследования занимают особое место в стратиграфии. Можно сказать, что именно наблюдения за распространением биофоссилий в разрезе и на площади позволяют точно устанавливать существующие соотношения геологических тел и первичное их взаиморасположение, особенно если они в дальнейшем изменились.

Основой подобной исключительности организмов является их способность развиваться более направленно, чем неорганическая материя, постоянно совершенствуясь и не повторяясь. На это обра-

тили внимание еще античные мыслители, позже — создатели стратиграфии В. Смит, Ж. Кювье, Ал. Броньяр, и, наконец, именно на этом свойстве представителей органического мира создал теорию эволюции Ч. Дарвин. Существующая и узнаваемая индивидуальность каждой стадии развития биоса делает палеонтологические объекты теми «часами земной истории», с которыми вынуждены более или менее часто сверяться датировки, получаемые любыми другими методами.

В то же время биостратиграфия является, хотя и основным, но все-таки *методом стратиграфии*, ибо решает те же задачи, подчиняется общим принципам и является инструментом *геологической практики*. Нельзя согласиться с ведущим болгарским стратиграфом Т. Николовым (1977), что биостратиграфия объединяет и стратиграфию, и палеонтологию (В. А. Прозоровский, 1979).

Нередко биостратиграфию считают разделом палеонтологии, а биостратиграфа и даже вообще стратиграфа отождествляют с палеонтологом. Между этими двумя дисциплинами существует такая же разница, как на рубеже XVIII и XIX столетий между воззрениями В. Смита, с одной стороны, и Ж. Кювье и Ал. Броньяра — с другой (см. выше).

Биостратиграфия — практическая наука, относящаяся к геологии, целью ее является восстановление первичных соотношений геологических тел. Она требует большого числа специалистов, обслуживающих геологическую съемку, поиски полезных ископаемых и другие виды геологических исследований в производственных, научных организациях и вузах.

Палеонтология — гораздо более широкая фундаментальная биологическая наука, занимающаяся проблемами происхождения, развития и перспектив жизни во вселенной. Она требует меньшего числа специалистов, сосредоточенных преимущественно в научных учреждениях и вузах.

Конечно, в настоящее время не может быть строго обособленных родственных наук, все они более или менее связаны. Биостратиграфия успешно использует достижения палеонтологии, особенно в вопросах онто- и филогении, биогеографии, связи организмов со средой обитания и пр. Однако и палеонтология во многом основывает свои построения на результатах последовательностей фаун и флор, установленных биостратиграфией.

Итак, биостратиграфические методы позволяют расчленять и коррелировать геологические разрезы на основании анализа органических остатков и следов их жизнедеятельности (скелеты организмов прошлого, их ядра, отпечатки, жизненные выделения, следы проживания и т. п.). Биостратиграфические подразделения охватывают участки горных пород, содержащие палеонтологические объекты, имеющие какие-то общие для них признаки (систематический состав, количество и распространение в породе, специфические структуры и т. п.). За их пределами биостратона нет (см. выше).

Прежде чем перейти к изложению существа современных биостратиграфических методов, коснемся некоторых общих вопросов биостратиграфии. К ним относятся, в первую очередь, проблемы выделения биостратонов, проведения их границ, прослеживания в пространстве.

Специфика биостратиграфического подразделения, в отличие от литостратиграфического и подобных ему, заключается в чрезвычайном разнообразии выражения биостратона. Если литостратон в пределах всего поля своего существования обладает каким-то определенным признаком (признаками), то для биостратона часто это далеко не так. Аналогичны литостратонам лишь участки разреза, целиком сложенные органическими остатками или продуктами их жизнедеятельности: фузулиновыми, нуммулитовыми известняками, губковыми, коралловыми массивами, банковыми сообществами брахиопод, двустворок, гастропод и т.п. Недаром их часто рассматривают как литостратиграфические единицы.

Однако совсем иначе ведут себя биостратоны таких биофоссилий, которые встречаются в виде более или менее обособленных объектов: трилобитовые, граптолитовые, криноидные, аммонитовые, иноцерамовые, листовой флоры, крупных позвоночных и др. К сожалению, очень часто обнаружение даже единственной формы в породе отождествляют с соответствующим подразделением, а границами его считают пачку однородного состава вмещающих пород или, в лучшем случае, содержащий ее слой. [Таким образом часто происходит подмена понятий, которая может привести (и часто приводит) к крупным геологическим ошибкам. Ведь к данному стратону на самом деле относится лишь точка находки окаменелости.] Выделение соответствующего стратона требует, в ряде случаев, значительных усилий и времени. Если в одном конкретном пересечении оно устанавливается относительно просто и *соответствует интервалу разреза*, *расположенному между крайними находками*, то выделение его в пространстве вообще далеко не всегда возможно.

Обычно определяют распространение подобных биостратонов путем автоматического соединения крайних находок в нескольких, часто далеко расположенных разрезах. Это создает иллюзию хронологичности границ биостратиграфических единиц и аналогию их с хроностратонами. На самом же деле поведение биостратонов между разрезами может быть самым разнообразным: мощность и стратиграфический объем их могут сильно меняться; они вообще могут выклиниваться, замещаться. Так, наличие аммонитовых подразделений в баррем-аптских отложениях Западной Туркмении было установлено (Н. П. Лупповым) в разрезе Огланлы (Большой Балхан) еще в 1935 г., а поведение этих объектов в пространстве, хотя далеко не повсеместно в Юго-Западной Туркмении, удалось выяснить лишь к 90-м гг. прошлого века. При этом стоит подчеркнуть, что в процессе изучения конкретные размеры и ареалы многих биостратонов подвергаются

значительным изменениям и очень часто неоднозначно понимаются различными специалистами.

Сложнее обстоит дело с биостратиграфическими подразделениями, выделяемыми не непосредственно в полевых условиях, а в камеральной обстановке по преимущественно мелкомерным остаткам: спорово-пыльцевым, наннофоссилиям, мелким фораминиферам, остракодам, конодонтам и др. Часто сама методика их отбора позволяет лишь приблизительно представить мощность подразделения в конкретном разрезе, да и представление о последнем может быть искажено предписанием отбирать пробы, например на спорово-пыльцевой анализ, только из глинистых сероцветных прослоев. Получить же сколько-нибудь реальное представление об истинном поведении такого биостратона в пространстве практически невозможно. Можно лишь сугубо приблизительно определить вертикальный диапазон развития определенного сообщества биофоссилий между отдельными пиками его находок, особенно если анализируется керновый материал.

И еще одно замечание к выделению биостратонов. Современная практика стратиграфических исследований старается пользоваться биостратиграфическими подразделениями, выделенными по типичным для изучаемого стратиграфического интервала группам: для палеозоя — по граптолитам, конодонтам, фораминиферам, гониатитам; для мезозоя — по аммонитам, бухиям, иноцерамам, фораминиферам; для кайнозоя — по наннофоссилиям, фораминиферам. При этом каждый выделенный подобный стратон характеризуется не только составом номинантных форм, но и списком представителей совсем других, более или менее часто встреченных совместно с ним организмов.

Такое представление биостратонов создает впечатление комплексного изучения объекта, позволяющего определить, например, конодонтовую зону по брахиоподам, хиолитам или остракодам. Не это ли обстоятельство в большинстве региональных корреляционных схем определяет совпадение уровней границ подразделений, выделенных по самым разным группам (совпадающим при этом с границами ССШ или ОСШ), что опять же создает иллюзию хроностратиграфичности любых биостратонов?

Необходимо помнить, что реальное совпадение диапазонов развития различных биофоссилий в земной коре встречается чрезвычайно редко и обычно представляет собой исключение. Каждая группа индивидуальна по темпам развития, продолжительности существования, взаимосвязи с окружающей средой, спецификой сохранности после смерти. Поэтому при проведении биостратиграфического анализа следует учитывать отмеченные обстоятельства и выделять для каждой группы фоссилий свои подразделения, естественно, сопоставляя их с единицами по другим группам. Встречаясь же с полным совпадением диапазонов, следует выяснить причину такого явления. Это могут быть переотложенные селем осадки или

развитая сугубо специфическая фация, либо результат антропогенного влияния или еще какого-нибудь неестественного процесса.

Отсутствие адекватности стратиграфических объемов биостратонов, выделенных на основании изучения вертикального распространения представителей различных групп биофоссилий, подробно рассматривалось в последнее время рядом специалистов (В. А. Захаров и др., 1977; В. В. Черных, 1995, 2002; Т. Н. Корень и др., 2002, 2006; А. И. Жамойда, 2007 и др.). Для конкретизации датировок разреза по каждой из рассматриваемых групп органических остатков они предлагают создавать биостратиграфические зональные шкалы, определяющие возможность их вертикального распространения в пределах региона, палеобиохорий или, в исключительных случаях, разреза земной коры в виде эталонных последовательностей биостратиграфических зон по каждой группе в отдельности. А. И. Жамойда предлагает называть их «стратиграфические последовательности биозональных подразделений (без временных пропусков и перекрытий), географическое распространение которых охватывает палеобиогеографические области и провинции (подобласти, подпровинции) или является планетарным». Шкала должна состоять из зон таксонов одной группы организмов. Желательно, чтобы смежные зоны отвечали требованиям смыкаемости и (или) преемственности в составах палеонтологических таксонов (А. И. Жамойда, 2007. — С. 47). В. А. Захаров с коллегами (1977) различают среди них «приоритетные» (объединяющие биостратиграфические зоны по ортогруппам (по О. Шиндевольфу) и «автономные» или «параллельные» (по А. И. Жамойде) — по парагруппам. Последние в свою очередь делятся на «филостратиграфические» (эволюционно-миграционные) и «экостратиграфические» (фациально-миграционные).

Само по себе составление полных биозональных последовательностей по различным группам, безусловно, очень полезно и представляется перспективным. Однако следует при этом помнить, что даже в пределах региона или даже его части, не говоря уже о пространстве палеобиообластей, стратиграфические объемы подразделений (если их понимать как смену представителей зонального комплекса) не будут выдерживаться из-за изменчивости фаций или посмертного уничтожения остатков.

Пожелание А. И. Жамойды о смыкаемости или преемственности палеонтологических таксонов в биостратиграфических шкалах, к сожалению, далеко не всегда выполнимо, особенно если стратоны выделяются по так называемым «макроостаткам» — аммонитам, белемнитам, трилобитам, иноцерамам и т. п.

Проблемы установления границ биостратонов. Уже отмечалось, что существующая, к сожалению, до сих пор практика совмещения биостратиграфических границ с литологическими разделами (иногда даже для этой цели используют каротажные реперы), отстоящими на единицы, десятки, а то и сотни метров от обнаруженной биофоссилии, недопустима.

Граница биостратиграфического подразделения в общем случае — это *линия* (поверхность, точка), касающаяся внешнего по отношению к биостратону края раковины, следа листа, отпечатка, биогерма и т. п. данного подразделения. Она может совпадать с литологическим рубежом или проходить в совершенно литологически однородной толще.

Напомним, что смежные биостратоны далеко не всегда смыкаются в разрезе и тем более на площади. Они часто разделяются хиатусами — интервалами отложений, не содержащими окаменелостей, которые в большинстве случаев не следует включать в биостратон. Подобные границы биостратонов обосновываются лишь с одной стороны.

Однако не менее часто одни биостратиграфические подразделения постепенно сменяются другими, и тогда встает вопрос, что же является критерием разграничения стратонов: появление нового элемента или исчезновение старого, комплексное или единичное изменение остатков и т. д.? Сразу же следует оговориться, что единого рецепта на все случаи жизни дать невозможно. Многое здесь зависит от масштаба и целей исследования, от систематического состава представителей смежных биостратонов, характера разреза и даже от индивидуальных особенностей исполнителя.

И все же представляется возможность дать некоторые рекомендации. Во-первых, границы биостратонов лучше совмещать с уровнями появления массового количества остатков нового элемента (подошва швагериновых или нуммулитовых слоев). Во-вторых, имея дело со слоями, содержащими смешанный комплекс биофоссилий, следует отдавать предпочтение уровню появления нового элемента, а не исчезновения старого.

В настоящее время большую популярность получило стремление проводить границы по уровням массовых вымираний, связываемых обычно с предполагаемыми катастрофическими явлениями. Так, Й. Видман считал, что границы систем фанерозоя проводятся по моментам глобальных регрессий, уничтоживших мелководную биоту. Л. Альварес, а затем А. С. Алексеев совмещали ряд границ ССШ с эпохами вымирания, связанными с глобальными или даже космическими катастрофами, приведшими к вымиранию представителей целых крупных таксонов биологической классификации. Однако безусловная глобальность большинства катастроф никак не может считаться доказанной. К тому же далеко не все представители органического мира одинаково реагируют на предполагаемое явление. Например, крупные пресмыкающиеся вымерли в конце мезозоя (и совсем не факт, что одновременно), а мелкие (крокодилы, черепахи, змеи и др.) спокойно пережили его. Границу мезозоя и кайнозоя в Крыму, не меняясь, перешло, как полагает Ю. Н. Савельева, сообщество нескольких видов остракод. Эту же границу, по данным А. С. Алексеева, преодолел аммонит, обнаруженный на Малом Балхане в Туркмении

выше подошвы датского яруса. Отсюда очевидно, что при выборе подхода к проведению границы биостратонов никакого преимущества уровня вымирания над уровнем появления нет, а последний, с нашей точки зрения, представляется более удобным признаком, ибо подчеркивает появление нового качества.

Определенную проблему составляет также *прослеживание биостратонов в пространстве*. При массовых скоплениях органических остатков или продуктов их жизнедеятельности (ракушняки, биогермы и т. п.) выяснение их распространения ничем не отличается от установления литостратона. Для этого возможно применение даже геофизических методов.

Однако, если геолог имеет дело с рассеянными в породе единичными биофоссилиями, приходится тратить много усилий и времени для обнаружения окаменелостей на протяжении всех этапов работы и в пределах всего района исследования. Обнаружив находку, каждый раз необходимо привязать ее к вмещающему литостратону, чтобы затем получить представление о форме, размерах биостратона и соотношении его с подразделениями других категорий и типов стратиграфических единиц. Поиски особо трудоемки, когда биофоссилии приурочены к центральным частям конкреций или септарий. Иногда приходится разбить десятки подобных, часто очень крепких, образований, чтобы получить представление о систематическом составе биоценоза стратона и гораздо больше, чтобы оконтурить его. Примером такого рода могут служить альбские отложения Горного Мангышлака, прекрасно описанные А. А. Савельевым (1992), байосбатские образования Туаркыра и многих других частей разреза различных регионов. Точной привязки к вмещающим литостратонам требуют и пробы мелкомерной биоты, определяемой в камеральной обстановке или по керну скважин.

Необходимо иметь в виду, что биостратиграфические методики более трудоемки и требуют больших затрат времени, чем обычные литолого-петрографические, но результаты их в общем случае несравненно важнее для датировки и доказательства правильности корреляции вмещающих толщ.

Проводя любые геолого-съемочные, поисковые или региональные тематические работы, следует вести наблюдения над всеми представителями органического мира или следами их жизнедеятельности. Все они при объективном анализе дают исследователю определенную информацию. Одни позволяют относительно точно (обычно точнее, чем любым другим методом) датировать вмещающие породы, другие — обосновать корреляцию стратонов, отдельных слоев или даже уровней, третьи надежно и всесторонне охарактеризуют обстановку седиментации и ее палеогеографическую позицию. Четвертые позволяют получить ориентировку геологических объектов в пространстве (Р. Шрок, 1950). Наконец, пятые могут служить непосредственным вместилищем скоплений полезных ископаемых (напри-

мер, месторождения нефти и газа в ископаемых рифах). Ниже мы остановимся только на стратиграфических аспектах исследования биофоссилий и применяемых в настоящее время методиках их использования.

Представители органического мира прошлого (и настоящего) сильно различаются по возможностям использования их для стратиграфии. Это обусловлено разнообразием их строения, взаимоотношением с окружающей средой, образом жизни, количественной характеристикой и очень многими другими особенностями самих организмов. Однако, помимо отмеченного, чрезвычайно важную роль для нашей науки играют их тафономическая специфика и возможность сохраняться в течение многих миллионов лет.

Возможности использования палеонтологического материала в стратиграфических целях все время расширяются. Быстро нарастающий прогресс в геологии, палеонтологии и других естественных науках меняет, иногда существенно, значение отдельных групп. Еще недавно «бесполезные» таксоны (водоросли, радиолярии, тинтинниды, бактерии и многие другие) становятся чрезвычайно важными для определения положения изучаемых слоев в разрезе и их корреляции. Кроме того, если еще недавно сферой действия биостратиграфии считался фанерозой, то сейчас можно говорить о применении ее и во всем диапазоне докембрия. Это еще раз подчеркивает необходимость для любого исследователя относиться ко всему комплексу биофоссилий с равным уважением независимо от возраста и генезиса изучаемых горных пород.

И все же с самого зарождения биостратиграфии было ясно, что представители различных групп органических остатков имеют разное значение для расчленения и корреляции отложений. Недаром В. Смит применил метод «руководящих форм»[1], используемый до сих пор. О. Шиндевольф выделял «архистратиграфические» (или ортофауны) и «парастратиграфические» (или парафауны) группы биофоссилий. Как уже отмечалось, эти понятия не строго разграничены и зависят от конкретной ситуации.

Что же понимал В. Смит, а затем и другие стратиграфы под руководящими формами? Теоретически, они должны были соответствовать четырем требованиям: 1) быть широко распространенными (по возможности, глобально); 2) быстро изменяться во времени (иметь высокий темп эволюции); 3) минимально зависеть от условий внешней среды, т. е. не менять свой облик в разных породах; 4) легко определяться. Последнее требование со временем отпало, так как в настоящее время корректное определение представителя практически любой группы ископаемых требует очень сложных операций: аммонитов следует «разворачивать», брахиопод и кишечнополостных —

[1] Понятие «руководящие формы» введено в середине XIX в. Г. Бронном (Bronn) для окаменелостей, встречающихся лишь в одной формации (Д. Л. Степанов, М. С. Месежников, 1979).

расшлифовывать и т. д. Значение остальных трех требований сохранилось. Но для чего, для каких задач? Совершенно ясно, что руководящие формы преимущественно используются для корреляции, сопоставления на основании обнаружения их в максимально дробных частях геологического разреза.

Эту же задачу решают и «архистратиграфические» группы О. Шиндевольфа. Причем они призваны, по мысли автора термина, не только устанавливать однообъемные интервалы разреза, но и датировать отложения, определяя их стратиграфическое соответствие единицам ССШ непосредственно. При этом О. Шиндевольф предлагал сравнивать слои не столько по присутствию самих ортофаун (хотя их находки, конечно, необходимы), сколько по интервалу их существования (биозонам). Недаром он считал зону — элементарную единицу ССШ — не стратиграфическим, а хронологическим подразделением. Отсюда вытекали представления О. Шиндевольфа о том, что ССШ — это чисто биологическая система, а биостратоны равны хроностратонам. Все это звучит как будто убедительно, но как быть с «немыми» толщами, или образованиями другого генезиса (морского или континентального), или, наконец, с разрезами, в которых представители ортофауны или совсем отсутствуют, или присутствуют спорадически? Кроме того, понятия «руководящие формы» или «архистратиграфические» группы сами по себе неоднозначны. Д. Л. Степанов и М. С. Месежников (1979), ссылаясь на американского биостратиграфа К. Тейхерта (Teichert, 1958), указывали на корреляционную значимость разных групп биофоссилий в планетарном, региональном и местном масштабах (рис. 4.19).

В настоящее время различия этих групп еще более дифференцировались, прежде всего в связи с успехами палеобиогеографии. Установлены, например, органические остатки, позволяющие проводить корреляцию не только в пределах какого-то региона, но и в палеобиогеографической области или поясе, подобласти, провинции и т. п. Известны подобные примеры для пелагических, шельфовых, континентально-аридных, континентально-гумидных образований и др.

В каждом случае руководящие в определенных пределах окаменелости должны отвечать отмеченным выше требованиям, но в разной степени, причем сфера их применения может зависеть не только (и не столько) от свойств самих органических остатков, но и от палеонтологических критериев, традиционно или на основании современных исследований, характеризующих подразделения стратиграфических шкал. Так, для морских отложений ордовика и силура планетарное значение имеют граптолиты и конодонты; для карбона и перми — гониатиты, планктонные фораминиферы и конодонты; для мезозоя — аммониты; для кайнозоя — планктонные фораминиферы и наннофоссилии. Для континентальных отложений среднего и верхнего палеозоя руководящими формами являются папоротникообразные, плауновые и кордаитовые; для мезозоя — голосеменные и зверопо-

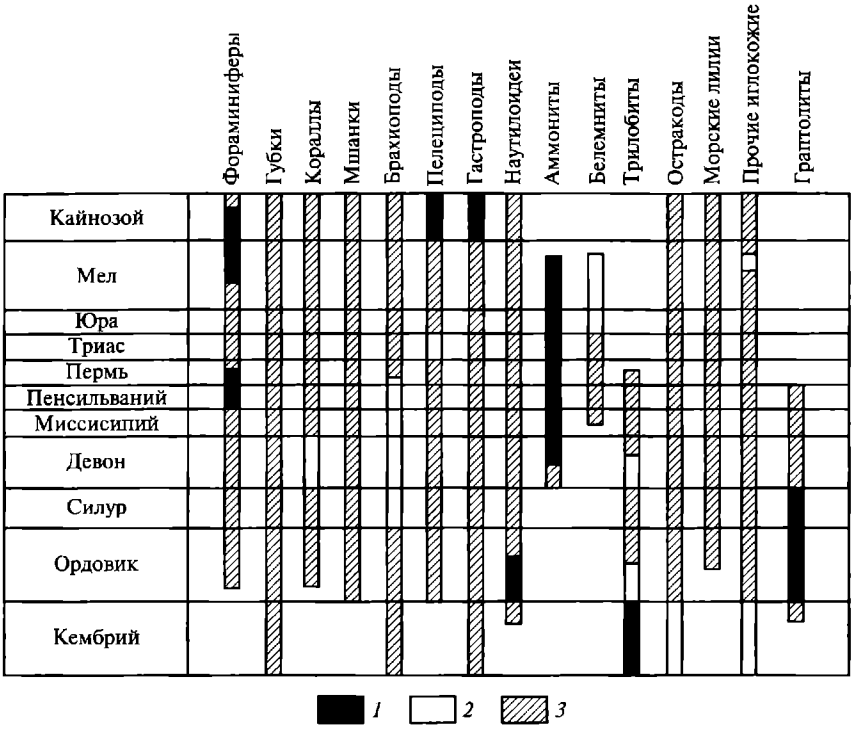


Рис. 4.19. Относительное хроностратиграфическое значение основных групп морских беспозвоночных фанерозоя (К. Тейхерт, 1958; цит. по: Д. Л. Степанов, М. С. Месежников, 1979):

1 — важные для планетарных корреляций; *2* — применяющиеся для региональных корреляций; *3* — иногда используемые для местных корреляций

добные ящеры и т. д.; для отложений Бореальной области юрского и раннемелового времени — белемниты и бухии; для центральных частей Атлантики и Пацифики в позднем мелу и палеогене — радиолярии; для готерив-барремских отложений Запада Средней Азии — орбитолиниды, устрицы, брахиоподы и т. д.

Таким образом, корреляция с помощью биостратиграфического метода устанавливается вполне успешно, и до сих пор он является для нее самым доказательным в стратиграфии. В большинстве своем лучшими коррелятами являются остатки организмов, ведущих активный, нектонный или планктонный образ жизни, и очень часто хищников (аммониты, белемниты, динозавры и др.).

Каждая группа биофоссилий, обладая своими особенностями, в принципе, коррелирует свои интервалы разреза, свои уровни, более или менее отличающиеся от биостратонов, выделяющихся по другим группам. Об этом необходимо напоминать, потому что неоднократно

появлялись работы об обосновании границ тех или других отделов (систем, эратем) по фораминиферам, остракодам, брахиоподам и др. Но ведь граница-то одна, положение ее не меняется в зависимости от палеонтологической принадлежности предмета изучения. Другое дело, что полученные результаты сами по себе могут сравниваться друг с другом и с выяснением поведения исследуемого объекта вблизи интересующей границы.

Возможности обнаружения корреляции с помощью палеонтологического метода чрезвычайно широки — от эонотем до конкретных пластов. Они определяются продолжительностью существования древних организмов и их фациальной зависимостью. Обнаружение панциря трилобита позволит утверждать, что толща, в которой он найден (если не переотложен), относится к палеозою. Прослой известняка мощностью около 1 см с ориентированными высококоническими гастроподами (*Pseudonerinea ornata* Pčel.) обосновывает положение кровли казанджикского горизонта в мегантиклинали Туаркыр (Западная Туркмения). Однако находки трилобита в первом случае и гастропод во втором никоим образом не позволяют выделить в одном случае объем, равный палеозою, а во втором — казанджикскому горизонту.

Помня, что биостратон — это породы с соответствующим комплексом биофоссилий, корректную корреляцию можно осуществлять только с помощью анализа органических остатков. Поэтому биостратиграфическая единица всегда ограничена не только в разрезе, но и в пространстве. В ряде специальных публикаций по стратиграфии рассматривается понятие «*биостратиграфическая корреляция*». Подробный анализ данного термина провел А. И. Жамойда в очень интересной и поучительной статье в сборнике, посвященном 100-летию профессора Г. Я. Крымгольца (Жамойда, 2007). В ней он подчеркивает чрезвычайную применимость этого метода, которая «нередко является основным видом геологической корреляции при детальном изучении стратиграфии фанерозоя и детализации МСШ» (с. 43).

Полностью соглашаясь с А. И. Жамойдой относительно огромной важности учета данных палеонтологии при корреляции толщ и главной доказательности соответствия определенному подразделению (или его части) ССШ, ОСШ или РСШ на основании присутствия в интересующем объекте характерной окаменелости, мы все же считаем сам термин «биостратиграфическая корреляция» излишним. В принципе, мы можем присоединиться к его формулировке в Международном стратиграфическом справочнике (International Stratigraphic guide, 1994): «это установление соответствия биостратиграфических признаков и биостратиграфического положения между географически разобщенными разрезами или обнажениями на основе содержащихся в них ископаемых». Однако под *корреляцией* (стратиграфической) здесь понимаются строго однообъемные (одновозрастные) части разреза, точно соответствующие своему стратону. Введение понятия

«биостратиграфической корреляции», производимой на основании сопоставления биостратонов с диахронными границами, приведет к неоднозначному пониманию самого термина «корреляция» и сможет вызвать путаницу, которая неизбежно скажется на практических результатах. К тому же вполне вероятно появление понятий «литологическая», «геофизическая» и других видов корреляций, смысл которых будет существенно различаться. Вероятно, каждое понятие (в данном случае корреляция) все же следует использовать в одном определенном смысле.

Биостратиграфические зоны. Основным биостратиграфическим подразделением является *биостратиграфическая зона*, называемая за рубежом *биозоной*. Появлению термина «зона» мы обязаны А. Оппелю (см. гл. 1), однако до сих пор нет единого понимания данного понятия. Например, О. Шиндевольф и многие другие считают, что это слои, *сформированные за время жизни зонального комплекса*. Тогда это подразделение однообъемное на всем протяжении, или хроностратиграфическое, в нашем понимании. И оно с полным правом может занимать место (или даже быть основным) в ССШ, ОСШ и РСШ, являясь стандартом корреляции какого-то стратиграфического интервала. В то же время непонятно, как проводить подобное сопоставление при отсутствии представителей зонального комплекса, не говоря уже о разрезах, образованных «немыми» толщами или породами другого генезиса. Недаром ведь в СК (2006 г. и более ранних) биостратиграфические подразделения и зоны, в частности, не входят в основной тип стратонов, а выделены в специальные подразделения.

Другой подход к биостратиграфическим зонам заключается в том, что они понимаются как *слои*, *содержащие зональный комплекс*, и потому их стратиграфический объем в пределах распределения непостоянен, распространение дискретно и границы диахронны. Подобное представление о зоне делает ее бóльшим инструментом расчленения, чем корреляции, что, как нам кажется, не противоречит огромному корреляционному потенциалу биостратиграфического метода.

Сложность применения биостратиграфических зон, помимо отмеченных выше принципиальных разногласий, заключается также в обилии специальных терминов, употребляемых в данной связи. О. Шиндевольф упоминал 94 зональных термина, в обзоре зарубежных стратиграфических кодексов (А. И. Жамойда и др., 1969) рассмотрено 29, французский стратиграф Ж. Сигаль предлагал 14, В. Л. Егоян — 102. Среди них очень много синонимов, но некоторые, наиболее употребимые и различающиеся, будут рассмотрены ниже.

Вообще в практике большинства зарубежных авторов практически любой слой, содержащий биофоссилии принято называть биозоной (биостратиграфической зоной, в нашем понимании). Проблеме биостратиграфических зон посвятили свои работы многие выдающиеся отечественные стратиграфы и палеонтологи: Д. М. Раузер-Черноусова,

Д. Л. Степанов, Г. Я. Крымгольц, М. С. Месежников, В. Л. Егоян, А. А. Савельев, Д. П. Найдин, А. И. Жамойда и др.

А. И. Жамойда в своей специальной статье (1988) выделил пять критериев, по которым, с его точки зрения, слой, содержащий биофоссилии, можно называть биостратиграфической зоной.

1. *Палеонтологический критерий* — определяет содержание стратона, разделяя его на несколько групп: на филогенетической основе (биозона, акрозона, предельная зона, зона распространения, филозона, эволюционные и морфогенетические зоны); по *комплексу остатков* (комплексная, фаунистическая, зона ассоциации, ценозона, конгрегационная, совместного распространения, оппель-зона); на *экологостратиграфической* основе (экозона); отвечающие *максимуму встречаемости* таксонов (эпиболь, акмезона, зона расцвета, пик-зона).

2. *Стратиграфический критерий* — отражает этапность развития биоты в палеобиохории. Границы зон должны смыкаться, указывая на смену филогенеза или экологии. «Висячие» (единственные) зоны — «слои с фауной (флорой)».

3. *Географический критерий* — определяет категорию и ранг (значение) зоны как местных лон (провинциальных зон), зон ССШ или ОСШ. (С точки зрения автора, последние два понятия не являются биостратиграфическими зонами.)

4. *Степень конкретности* — этот критерий разъясняет предыдущий. Местная зона определяется наличием конкретного зонального комплекса. Провинциальная зона менее конкретна, так как объединяет местные зоны, выбирая из их зональных комплексов общие таксоны. Зона ОСШ еще менее конкретна; она объединяет локальные комплексы, выбирая из них таксоны планетарного распространения и генетически разнородные.

5. *Процедурный критерий* — требует выполнения определенных правил списания, названия, утверждения и т. п.

Подчиненность перечисленным пяти критериям, предлагаемым А. И. Жамойдой, однозначно свидетельствует о том, что в вопросе о природе биостратиграфических зон он придерживается точки зрения О. Шиндевольфа, т. е. считает их хроностратиграфическими подразделениями. Полностью поддерживая значение палеонтологического и процедурного критериев, трудно согласиться с обязательностью остальных. Обязательность стратиграфического критерия практически возможна лишь в отдельных разрезах, являющихся обычно типовыми для выделения биостратиграфических зон. За их пределами смежные зоны (если считать их слоями с соответствующими биофоссилиями), либо расходятся, разделяясь каким-то интервалом разреза, или перекрываются, или разделяются поверхностями перерывов, нарушающих нормальную последовательность развития биот. При этом совершенно естественно зональный комплекс, связанный с трансгрессивной серией слоев, распространится на большую пло-

щадь, создав «висячую зону». Вообще установление подобных «висячих зон» среди азональных разрезов, вероятно, следует считать большой удачей, позволяющей датировать и соответственно коррелировать разрезы специфических регионов. Так, обнаружение зоны *Hypacantohoplites jacobi* среди красноцветных отложений южного склона Гиссарского хребта позволило Ю. Н. Андрееву существенно уточнить стратиграфию всего нижнемелового разреза Афгано-Таджикской депрессии. Называть же эти глины с типичными для Франции зональными аммонитами «слоями с *H. jacobi*» вряд ли целесообразно.

В большинстве случаев различие между основными понятиями биостратиграфии — «биостратиграфическая зона» и «слои с фауной (флорой)» — достаточно формально и может быть ликвидировано выполнением процедурного критерия[1].

Что же касается географического критерия и степени конкретности, то излагаемая в этой книге позиция четко разделяет био- и хроностратиграфические подразделения по *критерию обоснования*. И потому *лона* (провинциальная зона)[2] и *зона ССШ*, *ОСШ*, *РСШ* являются *хронозонами*, объединяющими стратиграфически однообъемные разнофациальные (с биофоссилиями и без них) интервалы геологического разреза. А биостратиграфические зоны всегда *конкретны*.

Приведенный материал подразд. 4.2 несколько выпадает из общего плана других разделов из-за отсутствия четкого разграничения рекомендаций, приемов данного направления и способов решений конкретных стратиграфических задач. Однако дискуссионность многих положений и неоднозначность понимания ряда терминов потребовали, как нам казалось, столь длинного вступления.

Биостратиграфический метод, как и все остальные, решает две основные задачи стратиграфии: расчленение и корреляцию разреза. При этом обе операции очень тесно связаны между собой, и, как совершенно правильно отмечали Д. Л. Степанов и М. С. Месежников (1979), «занимаясь расчленением какого-либо частного разреза (исследователь — *В. П.*) старается выделить такие единицы, которые можно проследить и в других разрезах; иначе говоря, при расчленении разреза уже возникают проблемы корреляции».

Метод руководящих форм. Расчленение палеонтологическим методом заключается в фиксации найденных биофоссилий и выделе-

---

[1] В СК 2006 г. приводится определение *слоев с фауной* (*флорой*) — «вспомогательное биостратиграфическое подразделение» — представляют собой отложения, содержащие остатки организмов или сложенные ими, но не отвечающие требованиям, предъявляемым к биостратиграфической зоне. Слои могут выделяться также в отложениях, в которых остатки организмов либо не встречаются в подстилающих и перекрывающих образованиях, либо встречаются редко (СК, 2006. Ст. VII.10).

[2] К сожалению, в СК, 2006 лона переведена из разряда основных подразделений в специальные, в категорию биостратиграфических стратонов (СК, 2006. Ст. VII.7). В результате в геологической практике этот термин потеряет определенность. В настоящем учебнике принято его старое хроностратиграфическое значение (см. ниже).

нии частей разреза, отличающихся систематическим составом окаменелостей, их разнообразием, числом, размерами, ориентировкой и т. п. По распространению биофоссилий теоретически возможны следующие их комбинации (рис. 4.20): 1) распространение форм соответствует полному интервалу выделяемого биостратона («руководящие» — термин видного отечественного палеонтолога Т. А. Мордвилко); 2) формы сосредоточены в части подразделения и маркируют одну из границ; 3) формы, достигшие максимального расцвета (максимума встречаемости) в выделяемом подразделении («контролирующие» — термин Т. А. Мордвилко); 4) родственные формы, частично перекрывающие друг друга (характерные); 5) пересекающие стратон формы, не испытывающие изменения (транзитные). При этом, по возможности, следует раздельно характеризовать выделенные слои представителями различных групп ископаемых. В целом ряде случаев, если исследуется неорганогенное образование, эти «палеонтологические слои» будут разделяться пластами, лишенными биофоссилий. В монотонной породе границы слоев обычно выражаются неотчетливо, и чем тщательнее будет описываться разрез, тем меньшей мощности будут «немые» промежутки.

Следующей операцией расчленения является объединение конкретных «палеонтологических слоев» в некоторые пачки, характеризующиеся общностью встреченных окаменелостей (включая также «немые слои», разделяющие палеонтологически сходные прослои). Эти объединения могут состоять из представителей одной группы древних организмов или нескольких групп. Однако необходимо фиксировать различия диапазонов каждой, если они не совпадают (рис. 4.21). Объединяться в биостратиграфические подразделения слои могут на основании различных особенностей палеоценозов. Вот эти-то различия и обусловливают возможность выделения разных видов

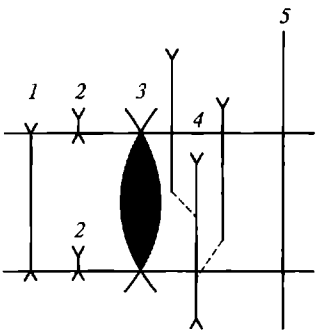


Рис. 4.20. Возможные случаи вертикального распространения биофоссилий в стратоне.

Формы: *1* — руководящие для стратона; *2* — маркирующие границу стратона; *3* — контролирующие; *4* — характерные; *5* — транзитные

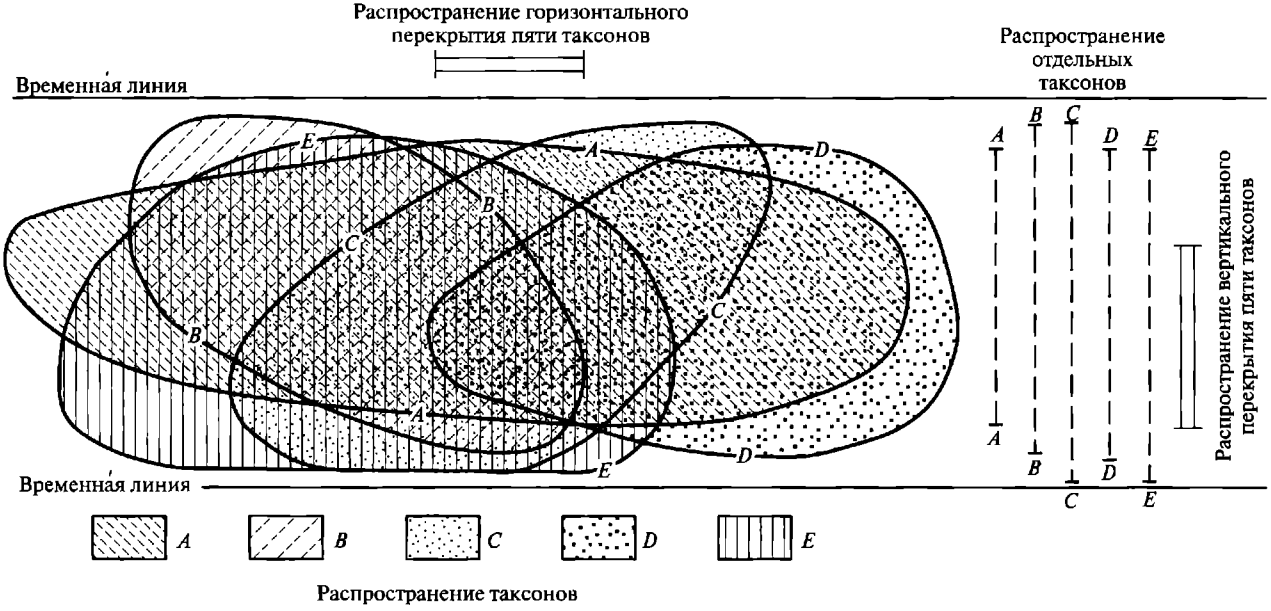


Рис. 4.21. Вариации пространственного распространения различных палеонтологических таксонов (A — E) в стратиграфическом подразделении (МСС, 1978). Для простоты картина дана двухмерной, но предполагается, что таксоны распространены и в третьем измерении

биостратиграфических зон. Среди огромного количества предложенных разновидностей зон («инфляции зональных наименований», по О. Шиндевольфу) в практике стратиграфических работ наиболее часто употребляются следующие.

Комплексная зона (или фаунизона, зона ассоциации) — «совокупность слоев, охарактеризованных комплексом древних организмов из трех или более таксонов, отличным от комплексов подстилающих и перекрывающих слоев (рис. 4.22, *Д*). В составе комплекса могут быть остатки организмов, принадлежащие к разным группам одного таксономического ранга или к разным рангам» (СК, 2006. Ст. VII.4, е).

«Зона распространения таксона (*биозона*) — совокупность слоев, охватывающих полный стратиграфический (и пространственный — *В. П.*) интервал распространения какого-либо палеонтологического таксона, чаще вида (рис. 4.2.2, *А*). Биозона, соответствующая полному стратиграфическому (и пространственному — *В. П.*) распространению рода, называется генозоной» (СК, 2006. Ст. VII.4, а).

Акмезона (или эпиболь, или зона расцвета, или тейльзона) — «слои, в которых какой-либо таксон достигает максимума встречаемости» (СК, 2006. Ст. VII. 4, д). Может отражать различные причины, как онтогенетические, так фациальные или тафономические (рис. 4.22, *Е*).

Зона совместного распространения (или конкурентно-ранговая зона) — «слои, отвечающие совпадающим частям интервалов стратиграфического распространения двух (или более — *В. П.*) выбранных таксонов, биозоны которых могут быть различны» (СК, 2006. Ст. VII. 4.6). Границы этого типа биостратиграфических зон носят практически изохронный характер (рис. 4.22, *Б*). Такого же типа биостратоном можно считать *оппель-зону*, предложенную Д. Л. Степановым для объединения слоев, содержащих определенный комплекс окаменелостей и скоррелированные с ними отложения, не охарактеризованные зональными формами.

Интервал-зона — «слои, заключенные между первым появлением какого-либо характерного таксона (обычно вида-индекса) данной зоны и первым появлением характерного таксона (обычно вида-индекса) вышележащей зоны в пределах непрерывной последовательности. Интервал-зоны могут выделяться как слои, заключенные между уровнями исчезновения характерного таксона подстилающей зоны и характерного таксона рассматриваемой зоны» (рис. 4.22, *В*, *Г*) (СК, 2006. Ст. VII. 4, г).

Филозона (или эволюционная, или морфогенетическая) — «слои, в которых распространен таксон (таксоны), представляющий собой отрезок конкретной филогенетической линии или тенденции (тренд) развития этой линии, ограниченной снизу и сверху по разрезу изменениями в характере развития» (СК, 200. Ст. VII. 4, в) (рис. 4.22, *Ж*). Наиболее трудно обосновываемый и дискуссионный стратон, обусловленный неполнотой палеонтологической летописи и фило-

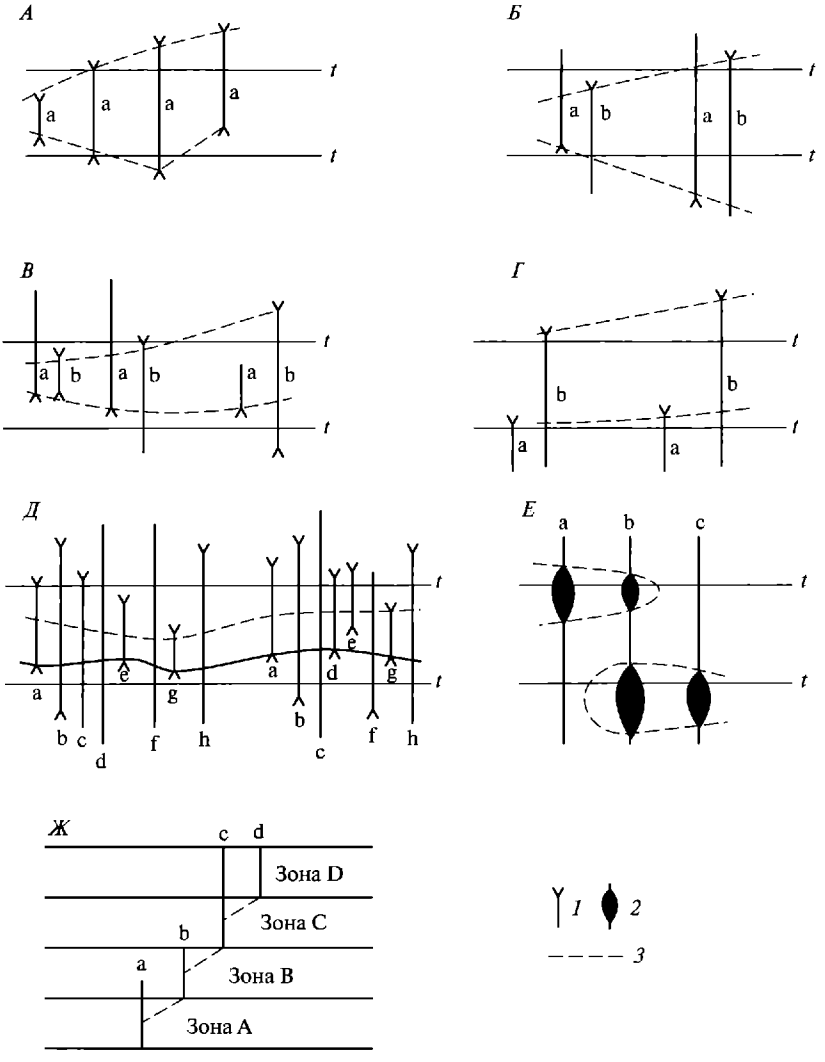


Рис. 4.22. Типы основных биостратиграфических зон:

А — зона распространения (биозона); *Б* — зона совместного существования (конкурентно-ранговая); *В*, *Г* — интервал-зона; *Д* — комплексная зона; *Е* — акме-зона (эпиболь) (International Stratigraphic Guide, 1994); *Ж* — филозона (СК, 1992); *a—h* — палеонтологические таксоны; *t* — стратиграфический (временной) уровень; *1* — распространение таксона; *2* — интервал расцвета таксона; *3* — граница биостратиграфической зоны

генетическим построением, основанным на различных материалах и разных принципах. В то же время надежно обоснованная филогенетическая зонация является лучшим доказательством последовательности слоев в стратиграфическом разрезе.

«*Экозона* — разновидность комплексной зоны, слои, в которых комплекс остатков организмов отражает их прижизненную экологическую ассоциацию или тафономические особенности ориктоценоза. В характеристике зонального комплекса желательно отражать количественные соотношения таксонов» (СК, 2006. Ст. VII. 4, ж).

«*Биостратиграфические зоны* по ареалу своего распространения подразделяются на местные и провинциальные, которые относятся к комплексным зонам» (СК, 2006. Ст. VII. 5).

«*Местная зона* — биостратиграфическая зона, латеральным распространением которой определяются границы палеобиогеографического района или его части. Она устанавливается по фаунистическому (флористическому) зональному комплексу или таксону, характерному, как правило, для определенной фациально-экологической обстановки соответствующего участка палеобассейна седиментации» (СК, 2006. Ст. VII. 6).

«*Провинциальная зона* (термин «лона» в СК, 2006, употребляемый в качестве синонима, в данном учебнике используется в прежнем смысле как целая часть горизонта — *В. П.*) — биостратиграфическая зона, латеральным распространением которой определяются границы палеобиогеографической провинции или области, что нередко соответствует палеобассейну седиментации» (СК, 2006. Ст. VII. 7).

Напомним, что большинство вышеперечисленных зон являются, прежде всего, инструментом расчленения разреза (что подчеркивает и СК, 2006, указывая в определениях разного вида биостратиграфических зон их соотношения только с выше- и нижележащими зонами), ибо в пространстве они объединяют различные стратиграфические объемы отложений и, как правило, имеют диахронные границы. Однако они лучше, чем стратон другой природы (лито- и другие), служат корреляции различных разрезов, имея внутри зон отдельные уровни или слои, выдерживающиеся на громадных расстояниях или отчетливо замещаемые по простиранию прослоями с отличающимися палеоценозами. Собственно на этих особенностях и основана корреляция биостратиграфическим методом (рис. 4.23), разработанная М. С. Месежниковым. Необходимым уточнением к его столь наглядной схеме является лишь добавление, что биостратоны, обозначенные различными буквами, не обязательно характеризуются одинаковым стратиграфическим объемом (скорее, имеют более или менее различающиеся объемы), а так же то, что подобные корреляции ограничены пределами образований одного генезиса (морскими, континентальными, батиальными, шельфовыми и т. д.). Учитывая отмеченное, на практике под корреляцией биостратиграфическим методом по-

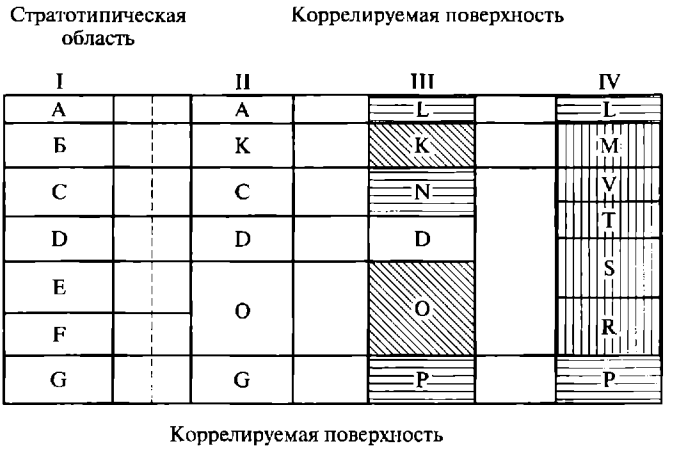


Рис. 4.23. Корреляция биостратиграфических зон (М.С. Месежников, 1974)

нимают установление в серии разрезов одних и тех же или замещающих друг друга в пространстве биостратонов.

Для проведения корреляции биостратиграфическим методом специалисты осознанно или стихийно используют несколько методов. Первым следует назвать *метод руководящих форм*, достаточно подробно разобранный выше. Несмотря на ряд ограничений, связанных с дискретностью ареала любого таксона, существующей (хотя и не очень значительной) зависимостью от фаций и сложностью точного определения окаменелости, данный метод остается ведущим при определении стратиграфического положения вмещающих отложений в полных разрезах земной коры, геологического региона и т.д.

Метод корреляции на основе анализа фаунистических и флористических комплексов. Метод заключается во всестороннем (систематическом, эволюционном, количественном, фациальном и др.) анализе всех биофоссилий, встречающихся в каком-то интервале стратиграфического разреза. Обычно он применяется на начальном этапе работ и состоит в исследовании представителей биоценозов, реально обособленных «немыми» пачками, несогласиями или поверхностями, отражающими резкую смену фаций или облик широко распространенных окаменелостей. В дальнейшем данные проведенного анализа сравниваются с другими обнажениями, скважинами, параметрами и т.п.

Этот метод дает хорошие результаты при региональных и крупномасштабных исследованиях, при обосновании корреляции и истории развития организмов в течение исследуемого интервала разреза. Он часто служит основой для выделения и полной палеонтологической характеристики биостратиграфических зон.

Практическим недостатком метода является его трудоемкость.

Эволюционный метод. Основан на сравнении эволюционной стадийности развития в различных комплексах или таксонах. Другими словами, корреляция проводится по сходным стадиям развития и применяется преимущественно на предварительном этапе исследований при сопоставлении лишь сходных или подобных фаун далеко отстоящих регионов. Метод основан на установлении закономерностей филогенеза той или иной группы и соотношений между онто- и филогенезом. Таким образом, определяется время появления ряда морфологических признаков, которые, следовательно, приобретают биостратиграфическое значение. Примером использования эволюционного метода может служить направленное изменение перегородочной линии у наружнораковинных головоногих, обнаружение которых позволяет ориентироваться в разрезе: в какой эратеме или подэратеме находятся интересующие вас объекты. Другой пример — наличие остатков наземной флоры, но не древнее девона. В ряде случаев частные признаки определяют и более точное стратиграфическое положение: крупные продуктиды (с нависающей макушкой) — нижний карбон; продуктиды, спинная створка которых покрыта многочисленными шипами и макушка не выделяется, — верхний карбон — нижняя пермь. Часто в связи с редкостью находок эволюционный метод используют при корреляции остатков позвоночных.

Однако обычно этот метод дает очень приблизительные результаты. Основные его недостатки следующие: 1) эволюционные процессы чрезвычайно редко имеют строго линейный характер; 2) очень большую сложность представляет определение биозоны (времени существования) таксона в связи с тем, что почти всегда предок и потомок проходят вместе какой-то отрезок геологической истории. Это, пожалуй, наиболее ощутимый недостаток метода: обычно он приводит к неизбежности дискуссий по поводу тех или иных филогенетических построений в связи с отсутствием однозначных доказательств и наличием многочисленных параллельных филогенетических линий. Так, например, отечественный палеонтолог С. З. Товбина выделила в баррем-аптских аммонитах линию *Imerites* → *Colchidites* → *Turkmeniceras* → *Deshayesites*, начиная семейство Deshayesitidae с рода *Turkmeniceras* (на этом основании ряд биостратиграфов проводят подошву аптского яруса по появлению дегезитид). Грузинский малаколог М. В. Какабадзе и один из крупнейших специалистов по мезозойским аммонитам Й. Видман считают, что род *Turkmeniceras* относится к филогенетической ветви хемигоплитид и потому не может обосновывать границу апта.

Палеоэкологический метод (биостратономия). По сути своей, это не чисто биостратиграфический метод, а комплексное использование палеонтологических, литологических и геохимических данных. Они позволяют установить физико-географические (соленость, глубина, температура бассейна и др.) и биотические (трофические связи, структура биоценозов, конкуренция и пр.) параметры существования древ-

них сообществ. В результате удается детально скоррелировать комплексы различных (разнофациальных) организмов, но одновозрастных.

Применение данного метода, предложенного выдающимся отечественным палеоэкологом Р. Ф. Геккером в 1940 г., имеет чрезвычайно важное значение при крупномасштабных геолого-съемочных или поисковых (особенно на нефть и газ) исследованиях. С неизменным успехом его применяли Р. Ф. Геккер с соавторами для различных регионов и интервалов разреза. В настоящее время эти исследования успешно продолжаются в России В. А. Захаровым, Е. П. Юдовным, Б. Н. Шурыгиным, В. А. Красновым и др.; а также Д. В. Эгером (Ager), Б. Циглером (Ziegler), Т. Г. Николовым и др. — за рубежом.

Ограничением метода является территория определенной фациальной зоны, за пределами которой выявленные соотношения могут принципиально меняться.

Палеогидрологический метод. Представляет собой разновидность палеоэкологического метода. Он обоснован российским академиком Н. И. Андрусовым и развит крупным специалистом в палеонтологии кайнозоя и биостратиграфии Б. П. Жижченко, проводившим анализ отложений неогенового внутреннего Понто-Каспийского бассейна. Изменения солености и температуры вод этого бассейна, обусловленные прекращением или возобновлением связей с Мировым океаном, сказываются на характере бентосных сообществ моллюсков. При этом действительно выявляется определенная стадийность палеоценозов. Однако никто не доказал, что эти изменения одновременно охватывают всю площадь бассейна (Д. Л. Степанов, М. С. Месежников, 1979).

Вероятно, данный метод применим лишь для сугубо ограниченной площади, направленность фациальной эволюции которой доказана.

Количественные методы. Эти методы корреляции в 1970 — 1980 гг. были чрезвычайно популярны, однако в настоящее время в серьезных исследованиях они используются все реже. Впервые изменение процентного содержания современных моллюсков в палеоген-неогеновых отложениях применил с целью расчленения Ч. Лайель в 1833 г. К эоцену он отнес толщи, содержащие 3 % их остатков, к миоцену — 17 %, к плиоцену — до 67 %.

В двадцатом столетии распространение получил процентно-статистический метод, основанный на подсчете процентной доли форм (руководящих, контролирующих, транзитных и др.), занимающих разное стратиграфическое положение в определенном стратиграфическом интервале. В силу своего в общем чисто формального подхода этот метод использовался крайне ограниченно.

Большее развитие получил метод, основанный на сравнении комплексов органических остатков по коэффициентам сходства, предложенный американцем Г. Симпсоном (Simpson, 1947): $R = (C/N_1) \cdot 100$, C — число видов, общих для двух комплексов, N_1 — число видов в меньшем комплексе. Предлагались и другие коэффициенты (Д. Л. Сте-

панов, М. С. Месежников, 1979). Однако большее, чем для стратиграфии, значение подсчеты имеют при проведении палеобиогеографических исследований.

Наконец, высказывались предложения установления корреляции различных толщ методом построения графиков, основанных на предположениях о длительности существования видов организмов в различных частях эволюционирующего бассейна. Однако огромное количество необходимых условий затрудняет широкое использование подобных приемов (Д. Л. Степанов, М. С. Месежников, 1979).

Применение количественных методов в стратиграфии на современном этапе развития науки носит дополнительный характер и преимущественно имеет региональное или даже местное значение. Главным образом, оно сводится к обоснованию биостратиграфического расчленения разреза.

Основным недостатком данного подхода, вероятно, является неизбежная субъективность палеонтологических определений, далеко не всегда точная привязка окаменелостей к разрезу, а кроме того, то, что стратоны — это качественные подразделения, выделяемые не на количественной основе.

Наглядным примером получения совершенно различных результатов на основании количественного анализа палеонтологических данных может служить обсуждение положения границы среднего и верхнего отделов юрской системы. В середине 60-х гг. XX в. члены юрской комиссии МСК единогласно доказывали, что главное обновление представителей многих групп беспозвоночных и флоры приурочено к основанию келловейского века, почему и границу эпох (отделов) следует проводить здесь. В 1997 г. известные специалисты по мезозойским фораминиферам К. И. Кузнецова и В. А. Басов, поддерживавшие отмеченное решение в 60-х гг., доказывали наличие основных преобразований простейших в основании оксфорда, в связи с чем келловей следовало относить к средней юре.

Заключая рассмотрение биостратиграфических методов, необходимо подчеркнуть, что роль их постоянно возрастает, ибо они позволяют достаточно дробно расчленять геологические разрезы на части, принципиально различающиеся набором биофоссилий. При этом диапазон использования палеонтологического материала продолжает расширяться, охватывая в настоящее время практически всю ССШ. С другой стороны, биостратиграфия является одновременно и наилучшим доказательством при проведении корреляций даже далеко расположенных разрезов. Иногда только она и позволяет расшифровать сложные покровно-складчатые тектонические структуры.

Неполнота палеонтологической летописи, более или менее тесная связь с фациями, определенная субъективность систематики и филогенетических построений заставляют критически относиться к биостратиграфическому анализу и помнить о существующих ограничениях в его использовании.

4.3. Хроностратиграфические методы

Рассмотренные выше стратиграфические методы успешно решают первую задачу стратиграфии — расчленение разреза. Что же касается второй ее задачи — корреляции отложений, то все они, за редким исключением, сталкиваются с определенными трудностями или решают ее частично. Именно выявление стратиграфического соответствия (или несоответствия) одних объектов другим является чрезвычайно важным делом (иногда решающим) при проведении как чисто практических, так и теоретических исследований.

Т. Н. Корень, один из ведущих биостратиграфов Всероссийского геологического института, пишет: «Основной задачей при разработке стратиграфической основы геологического картирования является определение возраста картируемых подразделений (свит, подсвит, толщ) путем выявления их соотношений с единицами общей стратиграфической шкалы» (Т. Н. Корень и др., 1995. — С. 7). С подобным утверждением можно согласиться, но это лишь частичное решение общей проблемы. Главным является, если говорить о геологическом картировании вообще, установление стратиграфического соответствия картируемых подразделений единицам шкалы, разработанной для данного масштаба: Региональной — при крупно- и среднемасштабных съемках; единицам Общей шкалы — при картировании территории России среднего (частично) и мелкого масштаба; единицам Стандартной шкалы — при создании мелкомасштабных геологических карт континентов, их крупных частей или поверхности всего земного шара. При этом различная корреляция необходима не только при геологической съемке. Она не менее важна и при поисках месторождений полезных ископаемых, при экогеологических работах, строительстве крупных сооружений и т. д.

Установлением адекватности (или неадекватности) определенных интервалов стратиграфического разреза более или менее удаленных территорий или исследуемого участка единицам принятой (утвержденной) стратиграфической шкалы достигается доказательство тождества сравниваемых стратиграфических объемов. Последние же достоверно соответствуют друг другу, если совпадают (в идеале точно) изохронные уровни, ограничивающие поверхности, т. е. границы хроностратиграфических подразделений. Д. П. Найдин (1998) совершенно правильно отметил, что уже настал такой этап в стратиграфии, когда она из науки о стратонах превратилась в науку об их границах (при проведении стратиграфической корреляции). Действительно, установление точного положения границы хроностратона и трассирования его на возможно большие пространства становится одной из первостепенных задач стратиграфа. Для решения ее прежде всего необходима выработка таких конкретных уровней, которые служили бы эталонами (стандартами) в пределах действия соответствующей шкалы. Как отмечалось выше, хроностратоны и составленные из них

шкалы являются инструментами корреляции. Однако пределы возможностей последних различны. Они зависят от целей и масштаба исследования, особенностей строения разреза, научной и лабораторной базы исследователей и от многих других причин. Потому необходима тщательная разработка РСШ, межрегиональных стратиграфических шкал (провинциальных, областных, поясных, ОСШ и др.) и ССШ.

Предложенная МКС сложная и многоступенчатая процедура обсуждения и утверждения ТГСГ, охватывающая последовательный разбор их в рабочей группе, соответствующей стратиграфической подкомиссии, в МКС и, наконец, в МСГН или на очередной сессии МГК, в общем себя оправдывает. Она предусматривает в идеале участие в работе всех специалистов-стратиграфов и позволяет действительно выбрать разрез, где сосредоточено максимальное число признаков, облегчающих и обеспечивающих трассирование избранного уровня на максимальных территориях. Тем не менее, устанавливая сейчас ТГСГ ярусов — основных единиц ССШ, необходимо, вероятно, в последующем перейти к выбору ТГСГ хронозон — следующего в нисходящем порядке ранга международных стандартных подразделений, а в дальнейшем, возможно, и звеньев, и ступеней, хотя столь колоссальный объем работы может потребовать какой-то процедурной эволюции по пути дифференциации обсуждений.

МКС руководит подобной работой и устанавливает таким образом ССШ. Однако не менее важны и РСШ, и межрегиональные, палеобиохорий и др. Их составление показывает своеобразие этих шкал и подразделений по сравнению с ССШ и, в конечном счете, создает необходимый базис для выяснения глобальных историко-геологических закономерностей и, соответственно, прочтения современного состояния геологической истории Земли.

ТГСГ, или вернее «*точки стратотипа региональной стратиграфической границы*», также, видимо, следует подробно обсуждать и затем утверждать среди всех (или большинства) специалистов-стратиграфов. Вначале *стандартные разрезы подошв горизонтов и лон* выбираются в соответствующих стратиграфических подкомиссиях или группах региональных стратиграфических комиссий, затем — в региональной комиссии, стратиграфической комиссии национального стратиграфического комитета (у нас в МСК) и, наконец, утверждаются национальным комитетом. В общем подобные процедуры и осуществляются таким образом в нашей стране, хотя обычно специально вопрос валидности точек стратонов региональных стратиграфических границ в них не разбирается, во всяком случае в комиссиях МСК и на пленумах самого МСК.

Возможно, что для составления областных или поясных шкал (как, например, бореального мезозоя В. А. Захарова, Ю. С. Репина и др.) необходимо создание межнациональных стратиграфических комиссий (постоянных или временных) типа Балто-Скандии для ордовикской системы.

В 60-х—80-х гг. XX в. для обсуждения подобных проблем проводились большие международные экскурсии, позволявшие непосредственно на месте познакомиться с предложениями и обоснованиями региональных или общих стратиграфических подразделений и их границ (по границе силура и девона, венда и кембрия, юры и мела и др.). В настоящее время, к сожалению, экономическое положение нашей страны и науки в ней делает подобные мероприятия в большинстве своем невозможными.

Требования к ТГСГ ССШ подробно оговорены в решениях МКС (1998). К ним все же следует добавить, вслед за Д. П. Найдиным, основное значение изменений биофоссилий в избираемых уровнях, ибо только они характеризуют качественную сторону подразделений ССШ для фанерозоя, а данные всех остальных методов лишь привязываются к ним.

Что же касается требований к выбору границ субглобальных и региональных стратонов, то для крупных палеохорий они, скорее всего, должны быть аналогичны ТГСГ ССШ. Сами же подразделения, вероятно, не стоит называть системами, отделами, ярусами, как это делают, например, сибиряки: бореальный мезозой, бореальный бат, бореальный берриас. И мезозойская эратема, и батский, и берриасский ярусы — подразделения глобальные. Использование их в другом объеме, качестве и т. п. может привести только к путанице и ошибкам. Вполне достаточно называть эти единицы горизонтами, надгоризонтами, подгоризонтами с географическими названиями (по месту выбора стандарта их границы) или уж, в крайнем случае, регионярусами, регионотделами, региосистемами (что представляется гораздо менее правильным).

Для собственно региональных стратонов — обычных горизонтов и лон (Поволжья, Северо-Запада Русской плиты, Запада Средней Азии и т. п.) — точкой стандарта их границы может служить и литологический критерий (появление красноцветности, карбонатных прослоев, определенных конкреций и т. п.), но и здесь преимущество надо отдавать палеонтологическому критерию.

Какие же требования следует считать обязательными при выборе точек стратотипов региональных подразделений? Прежде всего максимальный корреляционный потенциал стратиграфического уровня, для чего необходимо тщательное и всестороннее изучение геологии места положения уровня. В конкретном регионе последний зависит от преобладающих в нем фаций. В морских отложениях это могут быть: уровень появления руководящих биофоссилий, массовое появление любых органических остатков, уровень, начинающий частую встречаемость каких-то окаменелостей, появление пород, ранее не распространенных, изменение цвета породы (из-за увеличения содержания глауконита) и т. п. Однако было бы надежней, чтобы в предлагаемом разрезе и *на выбираемом уровне менялось ведущее качество*: исчезали и появлялись различные формы древней жизни,

начинали развитие одни и заканчивали его другие типы пород и т. д. Очень важны здесь также любые признаки, проявляющиеся в непосредственной близости от избираемых уровней (палеонтологические, литологические, геофизические, геохимические и т. п.).

Следует стремиться к тому, чтобы выбираемый стандарт находился в непрерывном разрезе. Для региональных шкал это условие не всегда выполнимо, ибо часто в качестве реперов (особенно любимых тектонистами и геофизиками) здесь выступают поверхности несогласий, особенно структурных. Принимая их в качестве региональных границ, мы лишаемся представления о полном разрезе региона и должны быть готовы к обнаружению «новой» части разреза, которую не всегда понятно, куда отнести (к верхней или нижней части разреза). Кроме того, нередко сами поверхности несогласий смещаются во времени в пределах конкретного региона. Так, в мезозойском разрезе Запада Средней Азии крупное несогласие в конце средней юры на протяжении всего ста с небольшим километров перемещается из среднебатского подъяруса в нижнекелловейский (Безносов и др., 1975). Поэтому регионстратоны, подошва или кровля которых принимается как поверхность несогласия, лучше называть, например, интергоризонтами (интерлонами) (В. А. Прозоровский, 1991), подчеркивая их определенную условность.

Что же представляют собой и как устанавливаются хроностратиграфические подразделения? Напомним, что это интервалы стратиграфического разреза земной коры, ограниченные изохронными уровнями. Они могут объединять самые разные по генезису, палеонтологической и любой другой характеристике горные породы осадочного происхождения, занимающие строго одинаковое положение в идеально полном разрезе стратисферы. Уровни их границ устанавливаются только по *корреляции с избранными фиксированными в конкретных местах их стратиграфическими стандартами*, «золотыми гвоздями» (от англ. *golden spike*).

Подобное определение этих стратонов и выполняемая ими функция не позволяют относить их к био-, лито- или другой категории стандартов, устанавливаемых через вещественный признак. В ССШ все ранговые единицы — хроностратоны. То же и в РСШ. Поэтому нельзя согласиться с утверждением очень многих стратиграфов, которые, даже признавая хроноприроду яруса и выше, относят хронозоны и лоны к биостратонам. Природа хронозон и лон одна и та же, просто одну из лон приняли в качестве подразделения ССШ, как ОСШ (так же, как один из горизонтов выбрали в качестве яруса). И, соответственно, хронозона — это целая часть яруса, а лона — целая часть горизонта (другое дело, что в основе их лежит конкретный разрез биостратиграфической зоны, занимающий определенное место в пределах яруса или горизонта).

Чрезвычайно важным положительным достижением СК, 2006 является введение в качестве подчиненного по рангу ярусу ОСШ

стратона «*хронозона*» [в прежних изданиях СК ее место занимала «зона», в соответствующей статье «зона (хронозона)», что приводило к различию представлений о ее природе и излишним дискуссиям]. Теперь ни у кого не должно возникать представлений, что хронозона — это один из видов биостратиграфических зон. «Она уже не является настоящей биостратиграфической единицей» (А. И. Жамойда, 2007. — С. 46). Однако, к сожалению, определение хронозоны в СК, 2006 сохранилось старое (СК, 1992. Ст. III 8), что вновь неизбежно будет приводить к различиям в представлениях о ней.

Позволим себе повторить, что *биостратиграфическая зона* объединяет стратиграфические интервалы, только содержащие представителей зонального комплекса. В зависимости от географического, фациального и таксонометрического факторов она неизбежно будет ограничена в пространстве и иметь диахронные границы. *Хронозона* — подразделение, объединяющее однообъемные (одновозрастные) интервалы разреза, имеющее изохронные границы, распространение которого контролируется лишь возможностью корреляции любыми методами ее объема и в принципе является планетарным. Критерием выделения служит не какой-то зональный комплекс биофоссилий, а стратотип — эталонный стратиграфический разрез или интервал между стратиграфическими уровнями (аналогичный ТГСГ). Другое дело, что в настоящее время стратотипом хронозоны служат *конкретные разрезы биостратиграфических зон*. Именно они определяют объем и стратиграфическое положение границ, и поэтому главным доказательным признаком присутствия хронозоны пока остается палеонтологический (но он, как правило, не определяет положение границ хронозоны за пределами стратотипа).

Значение хронозоны уже в настоящее время чрезвычайно велико. Ведь именно определенная последовательность их определяет стратиграфический объем яруса. Если в настоящее время основной таксономической единицей ССШ и ОСШ считается ярус, то, вероятно, в недалеком будущем основной единицей станет хронозона, что уже сейчас характеризует шкалы мезозойской и кайнозойской эратем. Начало этому процессу было положено инициативой В. Н. Верещагина и Н. Н. Бобковой, которые создали типичную (эталонную) последовательность зон для систем фанерозоя.

Существующее многообразие геологических объектов, необозримое множество горных пород, палеонтологических таксонов на поверхности нашей планеты, специфика палеогеографических и палеогеодинамических обстановок в ее истории, количество которых неизбежно будет возрастать по мере прогресса наших знаний, не позволяют надеяться на то, что даже теоретически возможны глобальные стратоны, характеризующие одно материальное качество. С этой точки зрения хроностратоны искусственны, ибо объединяют самые разные объекты, обладающие одним общим свойством (каче-

ством) — одинаковым положением в разрезе литосферы. Однако в основе их выделения лежат реальные толщи, содержащие конкретные, только им свойственные биофоссилии, и потому хроностратоны объективны, реальны, хотя в большинстве своем не картируются.

Каким же образом хроностратоны устанавливаются и прослеживаются на местности? Это сложный и достаточно трудоемкий процесс, требующий от стратиграфа основательного знакомства с геологическим строением и палеонтологической характеристикой определенной площади, охватывающий весь разрез земной коры или какой-то ее стратиграфический интервал.

Начинается исследование с районирования территории по типу разреза. Оно заключается в выявлении участков, сложенных оригинальным набором лито- и биостратонов (свит или толщ и биостратиграфических зон или слоев с фауной или флорой). Одновременно в каждом подобном участке намечаются стратиграфические уровни, которые затем можно использовать для корреляции (слои, в которых появляются или исчезают определенные биофоссилии, маркирующие горизонты, меняются состав, текстура или окраска пород и т. п.). Выделение таких разрезов в дальнейшем даст представление о разнообразии геологического строения региона, и каждый в готовящейся по нему стратиграфической схеме будет соответствовать графе в корреляционной его части.

Затем последовательно от наиболее полного стратиграфически обоснованного типа разреза прослеживаются те или иные ранее установленные уровни. Корреляция ведется по принципу С. В. Мейена, каждый раз оцениваются возможности (вес) того или иного уровня.

В качестве примера приведем корреляцию копетдагского и янгаджинского горизонтов нижнемелового разреза Запада Средней Азии (рис. 4.24): наиболее полным и обоснованным здесь является Копетдагский тип разреза, граница горизонтов в котором обосновывается уровнем исчезновения представителей рода *Buchia* (VI пачка инджеревской свиты) и появлением ядер готеривских аммонитов (VII пачка инджеревской свиты или слои с *Pholadomya*). Восточнее, в Восточно-Копетдагском подтипе разреза, эта граница перемещается в основание бахарденской свиты, в кровлю слоев с *Pholadomya*, так как в последних обнаружены верхневалажинские аммониты. Западнее, в Восточно-Большебалханском подтипе разреза, граница горизонтов совпадает с разделом арланской и казанджабурунской свит, в основании последней распространены ядра готеривских аммонитов, аналогичные копетдагским. Здесь же, в самом основании казанджабурунской свиты были обнаружены зубы ганоидных рыб, которые западнее были установлены в самом нижнем уровне меловых красноцветов. Окраска пород и наличие зубов ганоидных рыб позволили скоррелировать этот уровень с Кубадагским и Южно-Каракумским типами разрезов. Севернее граница горизонтов в Мангышлакском типе раз-

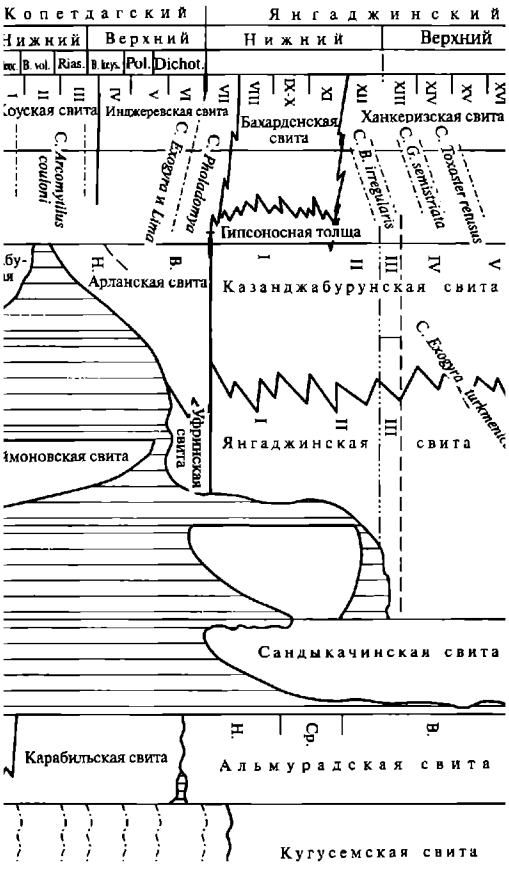

Копетдагский
Янгаджинский
Нижний
Верхний
Нижний
Верхний
B. vol.
Rias.
B. trys.
Pol.
Dichot.
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX-X
XI
XII
XIII
XIV
XV
XVI
Коуская свита
Инджеревская свита
Бахардинская свита
Ханкеризская свита
C. Arcomytilus couloni
C. Exogyra n Lima
C. Rhodocrinus
C. B. irregularis
C. G. semistriata
C. Toxaster renusus
Гипсоносная толща
Арланская свита
Казанджабурунская свита
C. Exogyra ...
Урунская свита
Янгаджинская свита
Имоновская свита
Сандыкачинская свита
Карабильская свита
Альмурадская свита
Кугусемская свита

Рис. 4.24. Унифицированная стратиграфическая схема нижнего мела Запада Средней Азии (фрагмент).

Границы: *1* — литологические; *2* — биостратиграфические; *3* — горизонтов; *4* — подгоризонтов; С. — слои; Л. — лона; Н. — нижний; Ср. — средний; В. — верхний; хронозоны: T. occ. — Tirnovella occitanica, F. boissieri — Fauriella boissieri, K. rou. — Kilianella roubaudiana, S. verrucos. — Saynoceras verrucosus, A. radiatus — Acanthodiscus radiatus, C. nolani — Crioceratites nolani, S. sayni — Saynoceras sayni, P. angul. — Pseudothurmannia angulicostata, S. h. — Spitidiscus hugii.

реза совпадает с рубежом лоны Dichotomites sp. и слоев с *Jotrigonia jakschisaurensis* (Прозоровский, 1991). В пределах упомянутой территории удавалось путем корреляции проследить конкретный стратиграфический уровень. В некоторых же типах разреза данного региона (Мургабском, Карабиль-Бадхызском, Гаурдак-Кугитангском и Южно-Гиссарском подтипах) точное положение границы горизонтов обосновать не удалось, и там лишь намечены более или менее широкие интервалы разреза, внутри которых она должна проходить.

Так обстоит дело с выделением хроностратонов в пределах конкретного региона, однако их прослеживание в межрегиональных и глобальных пространствах принципиально не отличается. Стоит лишь отметить, что по мере расширения пространства корреляции все большую роль играет палеонтологический метод и прежде всего данные о распределении остатков руководящих организмов (граптолитов, конодонтов, аммонитов, фораминифер и др.). Тем не менее, для корреляции разрезов со смыкающимися между собой находками руководящих форм с успехом могут использоваться и различные вещественные признаки (характер цикличности, маркирующие горизонты, появление нового типа пород и др.).

Далеко не всегда удается с необходимой точностью сопоставить с единицами ССШ и ОСШ стратоны, распространенные в областях, значительно удаленных от тех, в которых были установлены общие подразделения. Особенно четко это выявилось тогда, когда едва ли не главной единицей стала хронозона (которую по-прежнему многие рассматривают как биостратиграфическую зону). Так, в мезозое, когда на протяжении значительного времени существовали разобщенные Тетическая и Бореальная палеобиогеографические области, до сих пор не удается надежно скоррелировать бореальные лоны с тетическими хронозонами, в пределах которых были установлены ярусы и их последовательность. В результате для Бореальной и Арктической областей были сформированы свои хронозональные (биозональные, как считают их авторы) стандарты (Захаров, Богомолов, Ильина и др., 1994; Князев, Кутыгин, Мельник, 2007 и др.). Подробно проблема стратиграфических стандартов рассмотрена Д. П. Найдиным (1998). Разделяя их на глобальные и региональные, он полагает, что первые должны представлять собой последовательность хронозон (по Д. П. Найдину, биостратиграфических), основанных на

разрезах стратотипических областей соответствующих ярусов. Если учитывать принятую в настоящем учебнике концепцию хронозон, такое требование Д. П. Найдина нам представляется необязательным. Главной особенностью стандарта должна быть *непрерывность разреза и отсутствие перекрытий в пограничных образованиях смежных хронозон*. Что же касается региональных зональных стандартов, то предложенный В. А. Захаровым с коллегами вариант нам также кажется предпочтительным.

Создание подобных хронозональных региональных стандартов представляется весьма положительным явлением, которое следует, безусловно, всячески поддерживать, так как они позволяют осуществлять дробную корреляцию разрезов в пределах огромных площадей (бореальный стандарт охватывает циркумполярное пространство земного шара Бореальной и Арктической палеобиогеографической областей) и в конечном счете приближает момент точного сопоставления их со стратотипическими районами единиц ССШ и ОСШ.

Тем не менее, есть существенные, хотя и в определенной мере формальные, замечания к авторам, предложившим региональные зональные стандарты. Все они основываются на обосновании ярусов и стратонов более крупного ранга определенной последовательностью биостратиграфических зон (а не хронозон, хотя понимают биостратоны как хроностратоны). Соответствие этих последовательностей ярусам, отделам и другим ССШ или ОСШ базируется в общем на следовании принципу Т. Гексли, т. е. гомотаксальности, тогда как адекватность границ яруса (и другим единицам) строго не доказана, а лишь предполагается. Несмотря на это, авторы региональных стандартов называют свои подразделения ярусами, подъярусами, отделами и т. д. с теми же названиями, что и в ССШ и ОСШ, прибавляя к ним лишь определение региона. Так появились бореальный берриас, бореальный байос, арктический триас и т. п. В перспективе возможно выделение арктического, среднеазиатского, нотального и прочих берриасов, каждый из которых будет иметь свою специфику и/или отличаться по своему стратиграфическому объему от ССШ (ОСШ), либо их соответствие не будет доказано.

Частое отсутствие стратиграфического соответствия одинаково называемых региональных и общих подразделений, основанных на корреляции только биостратиграфическим методом недавно подтвердили Е. Ю. Барабошкин, А. Ю. Гужиков и др. (2004). Используя, наряду с биостратиграфическим также палеомагнитный метод, они показали, что верхнему валанжину Тетической палеобиогеографической области соответствует нижний готерив Бореальной и т. п.

Еще хуже, когда интервал разреза, коррелируемый с подразделением ССШ (ОСШ), будет иметь один и тот же ранг, но называться по-другому. Так, В. А. Захаров с коллегами настаивают на выделении волжского яруса, во всяком случае в пределах России, или даже действия бореального стандарта, соответствующего, по их представле-

ниям, титону. И это предлагается даже после того, как В. Хоша, П. Прунер, В. А. Захаров (2007) и другие доказали с помощью палеомагнитного метода соответствие верхних границ титона и волги.

Во избежание неизбежной путаницы и возможных ошибок следует всячески сохранять требования СК, 1972, 1992, 2006 гг. о необходимости использования своих терминов для различных категорий стратонов. Так, подразделения от акротемы до хронозоны — единицы ОСШ и ССШ; горизонты (регионярусы), лоны — РСШ. Соответственно объединения лон (по авторам биостратиграфических зон) региональных зональных стандартов должны называться горизонтами, регионярусами, регионотделами и т. д. (приставка регио- обязательна). В случае утвержденного МСК соответствия регионяруса или горизонта ярусу ОСШ и ССШ они должны называться так же, как в более общей категории, тем более что название признается валидным, подчиняясь праву приоритета. Таким образом, волжский может быть регионярусом или горизонтом, но ярусом его обозначать нельзя. В случае доказанности, подтвержденного решением МСК соответствия волжского регионяруса (горизонта) титонскому ярусу, последнее название следует распространить на пространства Бореальной и Арктической областей.

В Методических рекомендациях «Биозональный метод...» (Т. Н. Корень и др., 1995) принципиально рассматривается подобная процедура, но с упором, главным образом, лишь на палеонтологические методы. При этом провозглашается наращивание комплексности характеристики биостратиграфических зон за счет внесения (и использования) в их состав все большего количества таксонов. Подход, безусловно, правильный, но, используя для корреляции остатки парафаун и флор, не следует забывать о том, что в силу специфики своего распространения и зависимости от фаций их остатки могут быстро и сильно менять свое стратиграфическое положение. В упомянутом уже примере корреляции меловых отложений на западе Средней Азии назывались слои с *Pholadomya*. Эти слои со сходной литологической характеристикой на расстоянии 80 км (последующих тектонических смещений здесь не установлено) в одном случае входят в валанжинский, а в другом — в готеривский ярус, а по литологии это 30-метровая пачка глин между известняковыми толщами, которую прекрасно выделяют геофизики и считают отличным *стратиграфическим репером*.

Данное смещение биостратона характеризует относительно спокойный морской бассейн с выдержанными фациями внешнего шельфа. В контрастной обстановке островодужных, рифтовых, молассовых и других формаций характер смещений и их скорость могут возрастать в несколько раз и, соответственно, понижается значение для корреляции.

Последний вопрос, который, вероятно, уместно рассмотреть в данном разделе: о точности корреляции и конкретности стратигра-

фических построений. В настоящее время он все больше привлекает внимание к себе, прежде всего для практических нужд. Здесь имеется в виду точность собственно стратиграфической корреляции без учета количественных временных характеристик.

Первым о пределах точности стратиграфических построений в отечественной литературе заговорил выдающийся отечественный стратиграф Л.Л.Халфин (Найдин, 1998). Он ввел понятие *предела допустимой погрешности* при биостратиграфических исследованиях. Позже этому вопросу посвящали свои изыскания В.Л.Егоян, Д.П.Найдин, В.В.Черных и др. Большинство из них считает, что при глобальных корреляциях точность ограничена биостратиграфической зоной архистратиграфического вида (или хронозоной, в нашем понимании). В.Л.Егоян объясняет это тем, что зона — наименьшая единица в стратиграфии, потому неделима.

С точки зрения В.В.Черных, «биохронологическая зона» (хронозона в нашем понимании) вообще не является ранговым стратиграфическим подразделением, а представляется «подготовительной операцией и служит исключительно целям корреляции стратонов». Лоны же, по В.В.Черных, отражают распределение комплексов органических остатков в литологических границах разреза конкретного региона и потому являются стратонами. По этой причине те и другие не могут быть скоррелированы друг с другом.

Вероятно, рассуждать о точности стратиграфии можно лишь тогда, когда уяснишь для себя: о корреляции в пределах каких пространств и в каких масштабах идет речь. При работах на ограниченной территории и достаточно детальных пределом точности сопоставлений может быть маломощный слой или даже поверхность пласта. Так, еще В.Смит разделил отложения юры и мела на 40 формаций и протянул их по всей Юго-Восточной Англии. В «Стратиграфической геологии» М.Жинью (1952) приводятся корреляционные профили и схемы почти всего фанерозоя Европы, на которых уверенно сопоставляются свиты и их части для крупных регионов всего фанерозоя. В нижнем ордовике северо-западной части Русской плиты, по данным А.В.Дронова, поверхность одного слоя «стекло» прослеживается от нижнего течения р. Волхов до районов Восточной Эстонии.

Работы В.А.Захарова, М.А.Рогова, Д.Н.Киселева по юрским отложениям центральных районов Русской плиты и Ю.Б.Гладенкова — по неогену побережий Тихого океана показали, что хронозоны могут быть подразделены на ряд подзон или даже их частей, называемых ими «биогоризонтами» (представляется, что данный термин неудачен, так как созвучен термину «горизонт», имеющему совсем другой смысл). Пример поверхности «стекла», а также данные угольной геологии и другие подтверждают возможность при региональных исследованиях для дробной корреляции использовать «датированные уровни» (datum plate). В СК 2006 г. датированный уровень считается синонимом биостратона — «поверхность слоя (нижняя или верхняя)

или узкий и достаточно четкий интервал разреза, отвечающие существенным изменениям палеонтологических признаков» (с. 15). Однако таким уровнем могут быть и поверхности или слои определенного литологического состава: тонштейны, слои углей и известняков в разрезе Донбасса и др. Так что при региональных работах в зависимости от цели исследований и сложности строения региона пределов точности стратиграфического сопоставления практически нет.

Другое дело, если проблема заключается в возможностях планетарной или субглобальной корреляции. Но и здесь, прежде чем обсуждать возможности корреляции, отметим, что дробность сопоставления отражает стадию развития науки стратиграфии. На заре XVII—XVIII вв. точность корреляции ограничивалась эратемами (в современном смысле): первичные, вторичные, третичные, четвертичные. В XIX в., после «золотого двадцатилетия», она соответствовала системе. В конце XIX — начале XX вв. считалось, что широкие корреляции в пределах континентов или крупных их частей возможны на уровне отдела. С середины XX в. наименьшим подразделением ССШ признан ярус, а уже во второй его половине для многих систем корреляция устанавливается на уровне хронозон (ордовик, силур, мезозой, палеоген и др.). Следуя данной закономерности, в недалеком будущем точность корреляции должна достичь звеньев и ступеней, а возможно, и более мелких, ныне еще не установленных единиц.

Уже сейчас, как пишет Д. П. Найдин, верхнесантонские слои с *Marsupites testudinarius* прослеживаются от Западной Европы до Западной Австралии и от Северной Америки до Копетдага. В нижнем ордовике в пределах одной граптолитовой зоны прослеживаются от Канады до Австралии четыре секвенции. Принятая в настоящее время граница силурийской и девонской систем установлена в пределах выходов соответствующих морских отложений почти на всех континентах. Наконец, «иридиеносные глины» или слои их замещающие, начинающие датский ярус, устанавливаются в пределах приатлантических континентов и Юго-Западной Азии. Подобные примеры можно было бы продолжать. Все это свидетельствует о том, что точности корреляций и в планетарном масштабе нет предела, все зависит лишь от уровня наших знаний и развития применяемых методов. Именно это обстоятельство привело МКС к переходу на построение ССШ по принципу фиксации эталонных уровней, составляющих шкалу стратонов.

Однако определенная дискуссионность при корреляции с ССШ конкретных разрезов все же остается. Она касается, во-первых, различий в представлениях палеонтологов о том, что такое вид и каковы пределы изменчивости ископаемого вида, а, во-вторых, степени ответственности специалиста за проведенное определение биофоссилии. Д. П. Найдин (1998) привел пример определения руководящего кампанского вида аммонита *Pachidiscus neubergensis* по одному экзем-

пляру плохой сохранности, но это субъективная причина неточности, надеемся, не типична для хороших специалистов. Другое дело, что одни палеонтологи понимают вид очень узко, а другие — достаточно широко. В результате биостратиграфические зоны, являющиеся основой хронозон, одними специалистами ограничиваются сравнительно узким стратиграфическим интервалом, другими — широким. Соответственно, и ярусы, по одним данным, состоят из малого, а по другим — из большого количества зон. Представляется, что в конечном счете «победит» концепция узкого понимания вида и количество хронозон в составе яруса будет возрастать. Примером тому служит современный зональный стандарт силурийской системы — альбского яруса. Такая тенденция, безусловно, повысит дробность ССШ и точность глобальных корреляций.

Глава 5

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ КОДЕКСЫ

Основная часть геологической деятельности, как и в большинстве естественных наук, совершается коллективно. Невозможно представить себе современную геологическую карту даже одного листа масштаба 1 : 25 000, составленную одним человеком, или проведение поисков любого месторождения, обоснование строительства инженерного сооружения и прочее, осуществленное единолично. Если же иметь в виду международные геологические проекты, столь многочисленные в настоящее время, то их разработка требует усилий многих, иногда сотен специалистов.

Для получения согласованного результата необходимо взаимопонимание всех участников.

Этому служат договоренности или правила, разрабатываемые для целенаправленной деятельности. Они должны быть обязательными и непременными для всех членов коллектива, выполняющих данную работу.

Стратиграфия в этом смысле не является исключением, и создание местных, региональных и общих стратиграфических схем, построение стратиграфических шкал и различного рода обобщений требует соблюдения общих правил, без которых невозможно получить сколько-нибудь полезный результат.

Необходимость создания подобных правил явилась одной из причин организации Международного геологического конгресса — единственного юридического органа мировой геологии.

В стратиграфии такими уложениями стали стратиграфические кодексы и руководства или инструкции, регламентирующие стратиграфические работы отраслей геологии государств или международных сообществ.

Государственные СК регламентируют особенности проведения геологической деятельности в пределах соответствующей страны. Так, СК 2006 г. определяет: «Правила Стратиграфического кодекса, сформулированные в виде статей, применяются ко всем стратиграфическим подразделениям, выделенным и выделяемым на территории страны... Выполнение требований Стратиграфического кодекса обязательно при проведении геологических работ всеми ведомствами на территории России» (СК, 2006. Ст. 12. — С. 17).

Впервые название «*кодекс*»[1] применили австралийские геологи в 1950 г., опубликовав «Австралийский кодекс стратиграфической номенклатуры» (Australien Code of Stratigraphic Nomenclature). С тех пор СК во всем мире выдержали более 50 изданий и действуют в настоящее время едва ли не в 30 странах.

«Стратиграфический кодекс — это свод основных правил, определяющих содержание и применение терминов и наименований, используемых в практике стратиграфических исследований и процедуры установления стратиграфических подразделений.

Назначением Стратиграфического кодекса является обеспечение:

I. единообразия требований к установлению стратиграфических подразделений;

II. возможного единообразия и стабильности в применении стратиграфических терминов и наименований» (СК, 2006. Ст. 1.1. — С. 17) (*выделено автором*).

Несмотря на столь большое количество действующих ныне СК, в большинстве своем они так или иначе принципиально придерживаются двух тенденций: европейской (или единой стратиграфии) и американской (или множественных стратиграфий). Поэтому здесь будут рассмотрены лишь несколько СК, наиболее полно отражающих, как нам кажется, современное состояние стратиграфии, и те главные разногласия, которые ныне существуют. (Для более полного знакомства с содержанием почти всех СК отсылаем заинтересованного читателя к изданиям А. И. Жамойды, О. П. Ковалевского, А. И. Моисеевой — «Обзор зарубежных кодексов» (1969) и тех же авторов «Стратиграфические кодексы. Теория и практическое использование» (1996)).

Первым отечественным СК может считаться брошюра «Стратиграфические и геохронологические подразделения» (1954), вышедшая под редакцией выдающегося стратиграфа Л. С. Либровича (1891 — 1968). Она в определенном смысле предопределила создание Советской (ныне Российской) стратиграфической службы в лице МСК. В этом издании были сформулированы основные принципы, понятия и процедуры, рекомендуемые для использования в нашей стране и разработанные на основе решений II и VIII сессий МГК.

В 1965 г. под редакцией А. И. Жамойды вышла расширенная брошюра с дополнениями и некоторыми изменениями «Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура» (Л., 1965). Ниже мы кратко остановимся на ее разборе в связи с тем, что многие положения в ней были широко восприняты советской геологической общественностью и до сих пор разделяются и используются, особенно не специалистами и представителями старшего поколения.

---

[1] Кодекс (от лат. codex) означает ствол дерева или книгу, представлявшую несколько скрепленных деревянных дощечек, покрытых воском. В Древнем Риме кодексами называли собрания документов или грамот. Так появилось современное название термина «кодекс» — свод правил или законов (А. И. Жамойда и др., 1996).

5.1. «Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура», 1965 (СКТН)

«Идеологом» теоретической части данного издания был последователь Л. С. Либровича, крупный стратиграф и разносторонний геолог А. П. Ротай. Его принципиальные, часто категоричные суждения, не допускавшие никаких компромиссов, ясно проступают в тексте публикации.

Брошюра[1] начинается с определения стратиграфии, отсутствующего в предыдущих публикациях.

Стратиграфия — раздел исторической геологии, охватывающий вопросы исторической последовательности, первичных взаимоотношений и географического распространения осадочных, магматических и метаморфических образований, слагающих земную кору и отражающих естественные *этапы развития Земли и населявшего его органического мира* (выделено мною — *В. П.*) (СКТН, с. 15).

Основными целями стратиграфии являются: 1) установление конкретных возрастных соотношений горных пород для отдельных участков земной коры как условия, необходимого для выяснения истории развития, а также для решения задач структурной геологии, геологического картирования и поисково-разведочных работ на полезные ископаемые; 2) создание *единой* для всего земного шара *естественной шкалы* (выделено мною — *В. П.*) относительной геологической хронологии, т. е. единой системы периодизации Земли как необходимой базы всякого историко-геологического исследования. Л. С. Либрович предлагал называть такую шкалу *общей*, или *международной*.

Из этой начальной части видно, что СКТН твердо стоит на позициях европейской школы, признавая стратиграфическими лишь естественные этапы развития Земли. Соответственно и МСШ должна представлять собой последовательность подобных историко-геологических этапов, единых для всей планеты. Стоит также отметить, что вряд ли следует вставлять в основные задачи «создание» МСШ, так как она уже была создана и утверждена сессиями МГК. Вероятно, следовало бы говорить об ее уточнении.

Следующим важным разделом СКТН были «*Требования к стратиграфическим и геохронологическим подразделениям*».

Стратиграфические и геохронологические подразделения отражают действительный ход геологической истории, и потому выделение их должно быть лишено субъективизма и случайности, не может исходить из принципа формального удобства или простой случайности. *Стратоны должны соответствовать реальным историческим этапам геологического развития Земли в целом или отдельных ее регионов. Они должны базироваться на совокупности всех при-*

[1] «Рыжая», или «полосатая книжка», как обычно называют ее, в отличие от «зеленой книжки» 1954 г. издания.

знаков, объективно отражающих этапы исторического хода развития Земли и своеобразие этих этапов в различных ее частях (выделено мною — *В. П.*). Исходя из сказанного, необходимо избирать критерии разграничения и таксономии стратиграфических подразделений.

Система стратиграфических подразделений должна отражать естественные этапы историко-геологического процесса и основываться на эволюции земной коры и органического мира.

Чем выше ранг стратиграфического подразделения, тем шире оно может быть распространено, сохраняя свои особенности (выделено мною — *В. П.*). Стратиграфические единицы — комплексы горных пород с присущими им свойствами, составом, палеонтологической характеристикой и пр.

Задача геохронологии (относительной) — в выделении естественных этапов или стадий геологического процесса, установлении их относительной длительности и последовательности во времени. *Этапы же выделяются, поскольку им соответствуют определенные комплексы пород, определенные стратиграфические подразделения. В этом их единство* (выделено мною — *В. П.*).

Далеко не всем историко-геологическим этапам соответствуют комплексы пород. Денудация, складчатость, длительные поднятия и другие события, безусловно, этапы, но они не везде практически фиксируются собственными стратонами. Кроме того, постулируемое единство приведет, как мы увидим, к порочному кругу.

Единая шкала должна основываться на комплексном историко-геологическом принципе, на выделении определенных этапов геологической истории Земли, а не на отдельных, произвольно выбранных признаках горных пород, как в США. Биостратиграфические рубежи этапов наиболее важны, так как близки к тектоническим и литологическим, но значительно более четки и универсальны. Единая шкала, объединяющая планетарные и провинциальные подразделения, должна состоять из соподчиненных подразделений, принятых II и VIII сессиями МГК (1881 и 1900 гг.):

Подразделения

Стратиграфические	*Геохронологические*
1. Группа	1. Эра
2. Система	2. Период
3. Отдел	3. Эпоха
4. Ярус	4. Век
5. Зона	5. Время (фаза)

Подразделения четвертого и пятого рангов ранее составляли *провинциальную стратиграфическую шкалу.*

Кроме подразделений единой шкалы признается выделение *региональных единиц*, преимущественно мелких, *основанных на литологических критериях*: *серия*, *свита*, *пачка*, *также горизонт и слои*, объединяющие по горизонтали одновозрастные свиты или их части.

Подчеркивается, что региональные стратоны должны выделяться на тех же принципах, что и для единой шкалы, и что они являются *вспомогательными*. Последнее подтверждается требованием подчинения наиболее крупной по рангу (из имеющихся) вспомогательной единицы наиболее мелкому подразделению единой шкалы. Например:

Группа	**Группа**
Система	**Система**
Отдел	Серия
Ярус	Свита
Свита	Пачка
Пачка	

Очевидно, что свита не может быть больше яруса, серия — больше системы и т.д. (Аналогичное требование содержалось и в «зеленой книжке», хотя перед данным требованием утверждалась самостоятельность региональных стратонов.)

В связи с тем, что стратоны устанавливаются эмпирически и часто не на полном материале, в практике работ возможны небольшие изменения объемов и положения границ, но они должны быть не больше части следующего подразделения более низкого ранга (ярус — на одну зону, система — на один ярус, свита — на одну пачку). Если вносятся более крупные изменения, то подразделение заменяется.

5.1.1. Подразделения единой стратиграфической шкалы

Определения первых трех рангов стратиграфических и соответствующих им геохронологических подразделений повторяют текст брошюры «Стратиграфические и геохронологические подразделения» (1954).

Рассмотрим стратиграфические подразделения.

Группа — отложения, образовавшиеся в течение эры, — наиболее крупное подразделение. Характеризуется наличием и преобладающим развитием типичных классов и отрядов ископаемых животных и растений. Включает несколько систем. На границе обычны следы сильных тектонических движений и связанный с ними магматизм. Резкие

изменения в рельефе земной поверхности, расположении морей и континентов.

Название показывает относительную древность.

Система — отложения, образовавшиеся в течение периода. Единица второго порядка, часть группы. Характеризуется наличием и преобладанием типичных семейств и родов, видов во флоре. Обычно в нижней части развиты частично континентальные, частично морские отложения; середина соответствует максимуму трансгрессий (преобладание морских образований); верхняя часть — завершение трансгрессий и начало новых поднятий (широкое развитие континентальных образований). На границах или вблизи них наиболее широкое (но не повсеместное) развитие тектонических движений и магматизма.

Названия по разному признаку.

Отдел — отложения, образовавшиеся в течение эпохи. Единица третьего порядка, часть системы. Характеризуется наличием и преобладанием типичных подсемейств и родов. На границах развиты крупные угловые несогласия, проявления магматизма, а также смена фаций, но менее резкая, чем на границах систем.

Названия по положению в системе, иногда собственные.

Ярус — отложения, образовавшиеся в течение века. Единица четвертого порядка единой шкалы, часть отдела. Ярус отвечает единому этапу геологического развития Земли или значительной ее части. Объем и границы определяются совокупностью геологических и палеонтологических признаков, отражающих соответствующую стадию развития Земли и ее органического мира. Последнее выражается в присутствии в осадках яруса комплекса руководящих ископаемых с типичными для данного яруса и только ему свойственными родами, подродами и группами видов.

В качестве яруса, как правило, должны выделяться единицы весьма широкого или повсеместного развития, основанные на комплексах географически значительно распространенных организмов (фораминифер, граптолитов, цефалопод и др.) с учетом периодичности накопления осадочных толщ. К установленному ранее ярусу следует относить отложения не только с типичным комплексом стратотипа данного яруса, но и с иным комплексом, если синхронность их первым доказывается наличием общих связующих форм или путем точных стратиграфических сопоставлений.

Для отложений особых биогеографических провинций, точно не сопоставляющихся с широко распространенными ярусами, в качестве яруса может выделяться совокупность отложений, отвечающих этапу геологического развития данной провинции, в первую очередь ее фауны и флоры. Обычно эти ярусы более или менее соответствуют по своему объему широко распространенным ярусам.

При установлении нового яруса необходимо доказать, что образовывающие его отложения не отвечают ранее установленным ярусам,

но примерно соответствуют им по рангу, представляя обособленный этап геологического развития обширной территории. Палеонтологический комплекс выделяемого яруса должен быть достаточно своеобразным и в целом резко отличаться от комплексов смежных ярусов. При этом возможно отнесение к нему части подстилающих и перекрывающих отложений прежних стратиграфических подразделений за счет ревизии и сокращения объема последних при обязательном анализе разрезов всего яруса в его стратотипической местности.

Зона — подразделение 5-го порядка единой стратиграфической шкалы. Выделяется только по палеонтологическим признакам. Часть яруса с наличием определенной совокупности ископаемых организмов, которая не повторяется в подстилающих и покрывающих данную зону отложениях. В состав каждого зонального комплекса должны входить, по возможности, все важнейшие в стратиграфическом отношении группы фауны (флоры), представленные в данных отложениях.

5.1.2. Вспомогательные региональные стратиграфические подразделения

Вспомогательные подразделения выделяются обычно в тех случаях, когда объем и границы их существенно не совпадают с естественными объемами и границами подразделений единой шкалы или когда в силу своеобразия фауны и флоры либо их отсутствия в данном районе не могут быть установлены подразделения единой шкалы.

Серия — мощная или сложная по составу толща осадочных, вулканогенных или метаморфических образований либо их совокупность, часто отвечающих крупному седиментационному или тектоническому циклу.

Серии разделены между собой значительными стратиграфическими или угловыми несогласиями или проявлениями магматической деятельности в интрузивной форме. Распространены обычно в крупном регионе повсеместно или разобщенно.

Имеет географическое название. По объему примерно соответствует отделу.

Свита — совокупность отложений, образовавшихся в пределах данного региона (структурно-фациальной зоны или подзоны) в определенных физико-географических условиях и занимающих в нем определенное стратиграфическое положение.

В основе выделения свиты лежат фациально-литологические особенности разреза и их стратиграфическое положение, по возможности, закрепленное палеонтологически. Внутри по какому-нибудь признаку свита едина. Границы должны быть четкими. (*При хорошей палеонтологической характеристике, фациальном однообразии, легком*

сопоставлении с подразделениями единой шкалы свиты выделять не следует.) Возраст свиты на всем протяжении должен быть более или менее одинаковым (выделено мною — *В. П.*).

Названия географические.

Пачка — относительно небольшая по мощности часть свиты (подсвиты), характеризующаяся определенными фациально-литологическими и палеонтологическими особенностями. Пространственное распространение обычно ограничено. Индекс пачки — цифры или буквы с добавлением в именительном падеже литологического названия. Без индекса — это термин свободного пользования.

Горизонт — вспомогательная единица регионального значения, объединяющая по горизонтали (по площади) несколько одновозрастных свит (или их частей) либо разнофациальные отложения, примерно соответствующие по рангу свите или зоне единой шкалы. Отложения, объединяемые в горизонт, соответствуют определенному этапу геологического развития региона. Выделяется по совокупности палеонтологических и фациально-литологических, палеоклиматических и других особенностей. Должен иметь географическое название и стратотип типичного стратиграфического регионального подразделения (свита, слои); иначе — подразделение свободного пользования.

Слой — вспомогательная единица регионального значения, составляющая часть горизонта и выделяемая на тех же основаниях. Без географического названия — термин свободного пользования.

5.1.3. Геохронологические (геоисторические) подразделения

Эра — крупнейший этап в истории развития Земли и жизни на ней, в течение которого образовались отложения группы.

Сотни миллионов лет. На границах четко проявляется то, что отмечено на границах групп.

Период — крупный и сложный этап, соответствующий времени накопления системы.

Десятки миллионов лет.

Эпоха — этап в развитии Земли и жизни на ней, часть периода, соответствующая времени накопления отдела.

Век — часть эпохи, существенный этап в развитии Земли и жизни на ней. Соответствует времени образования отложений яруса.

Время (*фаза*) — продолжительность отложения осадков зоны.

Рассмотренная инструкция, более десятилетия служившая отечественным СК, строго следовала решениям второй и восьмой сессий МГК. Однако переход геологической службы на более крупный масштаб геологического картирования, общий прогресс науки и дости-

жения отечественных и зарубежных исследований частично противоречили требованиям инструкции.

С современных позиций основные недостатки «рыжей книги» следующие.

1. Слишком прямолинейно понималась историко-геологическая этапность, отражающаяся одновременно во многих особенностях строения земной коры. Утопично представление о прямой взаимозависимости и одновременности проявления тектонических, палеогеографических, седиментологических, палеобиологических и других процессов. В результате границы большинства этапов представлялись в виде более или менее значительных перестроек почти глобального распространения. Другими словами, возвращались идеи катастрофизма. Кроме того, постулировалась четкая иерархия этапов, выражающаяся в более значительных преобразованиях вещества и органической материи на рубежах более крупных этапов, постепенно ослабевавших в последовательных их стадиях. Закономерности при этом представляются какой-то предрешенностью.

2. Требования полного соответствия стратонов глобальным (для низких рангов) или провинциальным этапам приводили к выделению их по самым разным основаниям (по несогласиям, фациальным и формационным различиям, смене монофациальных биофоссилий и т.д.). В результате часто коррелировались и одинаково индексировались стратиграфически неодинаковые части разреза.

3. Введение в свод стратиграфических правил геохронологических единиц привело к тому, что основными определениями стратонов и хронов стали переадресования друг другу: система — отложения, накопившиеся за период; период — время накопления системы. Порочный круг.

Тем не менее, сам факт публикации данной инструкции является, безусловно, положительным явлением в развитии отечественной стратиграфии, хотя, на наш взгляд, она менее удачна, чем предшествующая ей «зеленая книжка» 1954 г.

В качестве достижения издания 1965 г. следует отметить введение в Международную (Единую, по авторам) стратиграфическую шкалу ярусов и зон, что соответствовало большей дробности корреляции, полученной мировой практикой. Хотя признание самой *Единой шкалы* и низведение во «вспомогательные» всех других стратонов, не входящих в ее иерархию, до сих пор отрицательно сказываются на геологической практике.

СКТН (1965) более или менее отвечала задачам геологического картирования и специальным исследованиям мелкого масштаба (1 : 1 000 000 и меньше). При более детальных работах отчетливо выявлялись ее несовершенства и потому абсолютно естественно, что уже во время выхода в свет СКТН во ВСЕГЕИ создается группа специалистов во главе с ее директором А.И.Жамойдой по подготовке отечественного СК. В результате интенсивной, ответственной и до-

статочно сложной деятельности авторского коллектива в 1977 г. увидело свет первое издание отечественного СК. Принципиально он также базируется на тенденции «единой стратиграфии», но содержит ряд качественно новых положений:

1. Система стратиграфической классификации состоит из равноправных таксономических шкал, что исключает применявшуюся ранее «единую стратиграфическую шкалу».

2. Подразделения, принадлежащие к различным шкалам, являются самостоятельными, т.е. их установление и стратиграфические объемы не зависят от соотношений с подразделениями других категорий.

3. Устанавливаются различные критерии подразделений разных категорий.

4. Местные подразделения являются основными, не подлежащими дальнейшей замене.

5. Право приоритета распространено на зональные биостратиграфические подразделения (СК, 1977).

Появление СК 1977 г. ознаменовало начало нового этапа в развитии отечественной стратиграфии. Он характеризуется, в частности, тем, что при сохранении принципиальной приверженности «европейской школе» в нем намечается существенное сближение с «американской школой». Однако отдельные положения СК вызывали несогласия с последней или горячие дискуссии, что сказывалось на существующей практике исследований. Кроме того, некоторые относительно новые методы достигли уровня, который позволял дополнить содержание СК.

Тот же авторский коллектив в составе А. И. Жамойды, О. П. Ковалевского, А. И. Моисеевой и В. И. Яркина в 1992 г. публикуют второе издание СК, куда был внесен ряд уточнений и дополнений.

5.2. Стратиграфический кодекс, 1992 г.

Во Введении отмечаются основные положения кодекса.

1. «Признается единство стратиграфии как фундаментальной отрасли геологических наук, а не множество независимых друг от друга «стратиграфий», отвечающих различным методам исследований.

2. Стратиграфические подразделения разделены на две группы — основные (в СК, 1977 — «комплексного обоснования») и специальные (в СК, 1977 — «частного обоснования» и вспомогательные). Основные стратиграфические подразделения имеют геосистемную природу, поскольку отражают некий этап в развитии геосферы в целом или ее участка с учетом эволюции био-, гидро- и атмосферы. Специальные стратиграфические подразделения являются дополнительными к основным и устанавливаются с помощью отдельных методов.

3. При классификации основных стратиграфических подразделений учитывается географический критерий, прямо вытекающий из фундаментального принципа стратиграфии — принципа хронологической взаимозаменяемости признаков. Взаимоотношения категорий местных, региональных и общих стратонов рассматриваются как отношение частного к общему» (с. 16).

Представляется, что пункты 2 и 3 подчеркивают преемственность СК от СКТН и несколько снижают достижения первого пункта, признавшего и в первом его издании самостоятельность стратонов разных видов и категорий.

Чрезвычайно важным является факт, также отмеченный во Введении:

СК основан на *концепции о первичности учета пространственных соотношений геологических тел, обуславливающей последующее определение их временных параметров, т. е. признается примат собственно стратиграфии* (выделено мною — *В. П.*).

Существенно уточнены и конкретизированы, даже по сравнению с первым изданием СК, задачи стратиграфии:

а) «выяснение конкретных взаимоотношений комплексов горных пород и последовательность их формирования для отдельных участков земной коры с целью установления местных стратиграфических подразделений;

б) установление пространственно-временных соотношений стратиграфических подразделений с целью создания корреляционных стратиграфических схем;

в) совершенствование общей стратиграфической и геохронологической шкал с учетом периодизации геологической истории земной коры в целом» (с. 18).

По сравнению с СК 1977 г. главные дополнения в СК 1992 г. сводятся к тому, что: увеличен перечень основных и специальных терминов; ОСШ дополнена высшим рангом — *акротемой* и нижним рангом — *ступенью*; расширен перечень биостратиграфических зон; добавлены главы о специальных стратонах, выделяемых на основе применения новых (по сравнению с СК, 1977) методов. Особое внимание обращено на обоснование проведения стратиграфических границ, в частности введено специальное приложение о ТГСГ («золотых гвоздях»). В главе 1 СК определяется как ... свод основных правил, определяющих содержание и применение терминов и наименований, используемых в практике стратиграфических исследований, и процедуру установления стратиграфических подразделений (Ст. I.1, с. 23).

Он служит для:

а) единообразия требований к установлению стратиграфических подразделений;

б) возможного единообразия и стабильности в применении стратиграфических терминов и понятий.

Таблица 5.1.

Основные стратиграфические подразделения (СК, 1992)

Категории		
Общие	Региональные	Местные
Акротема Эонотема Эратема Система Отдел Ярус Подъярус Зона Раздел* Звено* Ступень*	Горизонт (Подгоризонт) Лона Слои с географическим названием	Комплекс Серия Свита (Подсвита) Пачка

* Единицы четвертичной и, возможно, неогеновой систем.

Выполнение требований стратиграфического кодекса обязательно при проведении геологических работ всеми ведомствами на территории России. (Там же. Выделено мною — *В. П.*)

СК 1992 г. так же, как и предыдущий, выделяет три группы стратонов: основные, специальные и дополнительные (в СК 1977 — основные, комплексного обоснования, частного обоснования, вспомогательные) (табл. 5.1). Группы стратиграфических подразделений делятся на категории.

Статья II в СК 1992 г. (как и в СК 1977 г.) гласит, что стратиграфические подразделения, относящиеся к разным группам и категориям, являются самостоятельными, т.е. установление подразделений одной категории и их стратиграфические объемы не зависят от соотношений с подразделениями других категорий. Подразделения разных категорий могут быть сопоставлены между собой по геологическому возрасту и стратиграфическому объему.

Основные стратоны — главные картируемые элементы геологических карт разных масштабов. Категории отражают их географическое распространение: потенциально планетарное, региональное, местное (в пределах геологического района). В пределах категорий они рангово соподчинены, т.е. единицы более низкого ранга в сумме составляют полный объем подразделений более высокого ранга.

5.2.1. Общие стратиграфические подразделения

Общие стратиграфические подразделения — это совокупность горных пород (геологические тела), образовавшихся в течение интервала геологического времени, зафиксированного в стратотипиче-

ском разрезе и (или) с помощью лимитотипов. Общие стратиграфические подразделения имеют потенциальное планетарное распространение. Они отражают общие закономерности (этапность) развития лито- и биосферы в тесном их взаимодействии между собой и с другими оболочками планеты. Совокупность общих подразделений в их полных объемах составляет общую стратиграфическую шкалу (Ст. III.1, с. 25).

В СК указывается, что общие стратоны в докембрии устанавливаются на основании крупной этапности геологического развития стратотипических регионов, а границы — по результатам значительных событий в них. Основой корреляции служат изотопно-геохронометрические методы. Для фанерозоя основой выделения и прослеживания общих стратонов является биостратиграфический метод.

Для четвертичной системы — климато-стратиграфический метод. Общим стратиграфическим подразделениям соответствуют таксономические единицы геохронологической шкалы:

Общие стратоны	**Геохронологические подразделения**
1. Акротема	1. Акрон
2. Эонотема	2. Эон
3. Эратема	3. Эра
4. Система	4. Период
5. Отдел	5. Эпоха
6. Ярус	6. Век
7. Зона Раздел	7. Фаза
8. Звено	8. Пора
9. Ступень	9. Термохрон-криохрон

Определений общих стратонов 1-го—5-го рангов не дается. Указывается, что выделяются они эмпирически, главным образом традиционно (в ходе истории развития стратиграфии и геологии вообще), они не имеют отдельных стратотипов (определяются составным из стратотипов низших единиц). Границы же их устанавливаются по лимитотипам подошв подразделений 6-го и 7-го рангов.

Ярус — таксономическая единица общей стратиграфической шкалы, подчиненная отделу. Устанавливается по биостратиграфическим данным, отражающим эволюционные изменения и этапность развития органического мира, как правило, на уровне низких таксонов палеонтологической систематики. Палеонтологическая характеристика яруса составляется из широко распространенных видов (и ро-

дов), содержащихся как в стратотипе яруса, так и в других одновозрастных отложениях.

Ярус должен иметь стратотип (Ст. III.7, с. 27).

Зона (*хронозона*) — таксономическая единица общей стратиграфической шкалы, подчиненная ярусу. Зона устанавливается по биостратиграфическим данным и отражает определенную стадию развития одной или нескольких групп фауны или флоры. Границы зоны устанавливаются по нижнему и верхнему пределу стратиграфического распространения зонального палеонтологического комплекса, в состав которого должна входить группа видов, быстро эволюционирующих и имеющих широкое географическое распространение.

Зона должна иметь стратотип (Ст. III.8, с. 27, 28).

Стратоны 8-го и 9-го ранга, а также «раздел» достаточно специфичны, устанавливаются на основании представлений о климатической обстановке планеты в последние этапы ее геологического развития (см. Ст. III.9 — Ш.11).

Раздел СК, посвященный общим подразделениям, в определенном смысле пытается совместить теоретические подходы различных направлений. В результате получаются некоторые несоответствия, которые затрудняют выполнение требований СК.

В частности, первый и второй абзацы определения общих подразделений находятся в противоречии: первый определяет общий стратон как интервал геологического разреза, заключенный между соответствующими лимитотипами (т.е. уровнями, проходящими в максимально однородной толще, разделяющими лишь один, в основном палеонтологический, признак); второй абзац говорит о том, что общие стратоны соответствуют (даже если примерно) планетарным историко-геологическим этапам, т.е. границы их должны разделять принципиально различные элементы разреза.

Нельзя согласиться с утверждением, что общие (и региональные) стратоны — главные картируемые элементы карт разных масштабов. Они являются главными изображаемыми элементами на картах мелкого масштаба (а региональные — среднего или крупного, при групповой съемке). Однако картировать их, т.е. непосредственно наносить на топографическую основу в полевых условиях, возможно лишь в исключительных случаях, преимущественно в стратотипическом регионе или даже районе. Странно, что не дается определений общих стратонов 1—5-го рангов, ведь в СК указывается (Ст. II.3; III.3), что категории состоят из рангово-соподчиненных единиц. Следовательно, каждый ранг стратона определяется полной суммой подразделений более низкого ранга.

Ярус определен как биостратиграфическое подразделение. Строго следуя статьям СК, ярус можно устанавливать только в отложениях, богато охарактеризованных остатками руководящих ископаемых. Большая часть территории России для всего фанерозоя не обладает

подобными отложениями. Вероятно, ярус следовало определить, *как основное стратиграфическое подразделение ОСШ, соответствующее полному интервалу разреза земной коры, заключенному между смежными ярусными лимитотипами*. И лишь затем указать: *основными критериями выделения и корреляции ярусов являются биостратиграфические* (представители соответствующих руководящих фаун и флор).

Претензии к определению хронозон сходны с высказанными по поводу определения яруса.

5.2.2. Региональные стратиграфические подразделения

Региональные стратиграфические подразделения — это совокупности горных пород, сформировавшиеся в определенные этапы геологической истории крупного участка земной коры, отражающие особенности осадконакопления и последовательность смены комплексов фаун и флор, населявших данный участок. Региональные подразделения служат для корреляции местных стратиграфических схем и способствуют их сопоставлению с общей стратиграфической шкалой. Географическое распространение регионального подразделения ограничивается геологическим регионом или субрегионом, палеобассейном седиментации или палеобиогеографической областью (провинцией).

Совокупность региональных подразделений составляет региональную стратиграфическую схему (Ст. IV.1, с. 31).

Границам региостратонов могут соответствовать любые резкие рубежи региона (тектонические, формационные, палеогеографические, биостратиграфические и др.).

Горизонт — основная таксономическая единица региональных стратиграфических подразделений, выполняющая корреляционную функцию в пределах своего стратиграфического распространения. Включает одновозрастные свиты (серии) или их части, лито- или биостратиграфические подразделения. Горизонты могут быть картируемыми единицами при среднемасштабной геологической съемке и при сопоставлении мелкомасштабных геологических карт.

Горизонт должен иметь стратотип (Ст. IV.4, частично). В СК 1992 г. указывается, что докембрийские и немые толщи разделяются на горизонты на основе литолого-петрографических признаков при учете изотопно-геохронологических датировок и палеонтологических данных; для фанерозоя — в основном на биостратиграфической основе, и могут тогда называться регионярусами; в четвертичной системе — преимущественно на климато-стратиграфической основе.

Лона — таксономическая единица, подчиненная горизонту; по своему содержанию является провинциальной биостратиграфической зоной. Стратиграфическая последовательность лон определяет стра-

тиграфический объем горизонта, если он установлен на биостратиграфической основе.

Лона должна иметь стратотип, содержащий зональный комплекс, включая вид-индекс или виды-индексы (Ст. IV.6, с. 32).

В качестве региональных стратиграфических подразделений могут выступать ярусы или подъярусы с их собственными названиями при следующих условиях:

а) стратотип яруса (подъяруса) находится в пределах данного региона или палеобиогеографической области (провинции);

б) доказано совпадение нижней и верхней стратиграфических границ соответствующего яруса (подъяруса) и регионального подразделения при минимальных внутренних перерывах в стратиграфическом объеме последнего.

В указанных случаях самостоятельное региональное подразделение не выделяется (Ст. IV.8, с. 33).

Региональные стратиграфические подразделения — наиболее дискуссионная часть СК. Еще в процессе подготовки первого издания СК многие специалисты вообще указывали на ненужность этой категории и предлагали изъять ее из СК. К чести авторов, они оставили региональную категорию и, хотя сохранились ее противники, горизонты и лоны доказали свою жизненность и в настоящее время являются основой региональных обобщений.

Вместе с тем, определения регионостратонов в СК 1992 г. недостаточно строги и позволяют по-разному понимать их сущность и, соответственно, по-разному выделять. Это, прежде всего, нарушает главную задачу любого кодекса — единообразие понимания и использования.

Наше понимание того, что представляют собой горизонт и лоны, как их выделять и устанавливать на практике, достаточно подробно разобрано в разделах 2.7, 4.3. Авторы СК, безусловно, правы, что главная их функция корреляционная. Но тогда они должны иметь изохронные границы и, следовательно, в общем случае не могут являться лито- или биостратонами, границы которых диахронны, так как зависят от фациальных обстановок. *Это хроностратоны, и обосновываются они только стратиграфическим соответствием стратотипу или интервалу разреза, заключенному между уровнями смежных лимитотипов.*

Представляется также, что регионостратоны, как и общие стратоны, далеко не всегда непосредственно картируются, хотя именно они изображаются на среднемасштабных картах.

Наверное, не следовало бы включать в эту категорию «слои с географическим названием» — действительно био- или литостратиграфические подразделения.

Наконец, статью о возможной замене регионостратона общим следовало бы, вероятно, расширить и вынести в общую характеристику основных подразделений примерно в такой формулировке: «*В случа-*

ях полного стратиграфического соответствия (адекватности) подразделений высших категорий низшим первые играют роль последних и при этом не требуют использования самостоятельных единиц низших (или более частных) категорий».

5.2.3. Местные стратиграфические подразделения

Местные стратиграфические подразделения — это совокупность горных пород, выделяемых в местном разрезе на основании комплекса признаков при преимущественном учете фациально-литологических или петрографических особенностей, ясно отграниченные от смежных подразделений как по разрезу, так и на площади, и обычно опознаваемые в поле (также в скважинах) и картируемые. Местные стратиграфические подразделения формируются в определенные этапы геологического развития соответствующих участков земной коры. Они имеют комплексное обоснование, в которое кроме особенностей вещественного состава входят палеонтологическая характеристика (при наличии остатков организмов), структура слоистого тела (характер перерывов, ритмичность), характер границ и географическое распространение.

Палеонтологическая характеристика местных подразделений может быть одним из признаков при установлении подразделения; она обеспечивает определение геологического возраста, сопоставление с другими местными подразделениями и выявление перерывов в отложениях. Географическое распространение местного подразделения может быть различным — от части структурно-фациальной зоны до части геологического региона (ст. V. 1, с. 35).

Стратиграфические границы местных подразделений приурочены к изменениям вещественного состава пород по разрезу, к стратиграфическим перерывам и угловым несогласиям, смене ассоциаций остатков организмов, а также к существенным изменениям геофизических параметров, если сведения о таковых имеются. Латеральные границы местных подразделений могут фиксироваться изменением на площади вещественного состава толщ (типа осадконакопления), тектоническими контактами, а также существенной сменой ассоциаций остатков организмов (морская и континентальная биоты) (Ст. V. 3, с. 35).

Стратиграфические объемы местных подразделений определенного ранга, выделенных в одном геологическом регионе, не зависят от объемов подразделений того же ранга, установленных в другом регионе (Ст. V. 4, с. 36). Ранг местных стратиграфических подразделений определяется эмпирически в зависимости от относительного значения их в последовательности отложений данного района. Мощность пород и длительность их формирования не являются определяющими в установлении ранга местного подразделения, хотя они должны при-

ниматься во внимание. Ранг местных подразделений не зависит от масштаба геолого-съемочных или других работ, в результате которых эти подразделения выделены (Ст. V. 5, с. 36). Стратотип местного стратиграфического подразделения может выступать в качестве стратотипа общего или регионального стратиграфического подразделения, однако это не исключает сохранения категории и ранга местного подразделения для данного участка земной коры (Ст. V. 6, с. 36).

Среди единиц категорий местных подразделений основной является свита. Остальные представляют собой сумму нескольких целых свит или целую ее часть.

Свита — основная таксономическая единица местных стратиграфических подразделений, основная картируемая единица при средне- и крупномасштабной геологической съемке и первичном расчленении разреза по скважинам. Она представляет собой совокупность развитых в пределах какого-либо геологического района отложений, которые отличаются от ниже- и вышележащих специфическими литолого-фациальной и палеонтологической (при наличии остатков организмов) характеристиками, вещественным и структурным (отсутствие значительных перерывов) единством и характером границ.

Как стратиграфическое подразделение, имеющее историко-геологическую природу и занимающее определенное положение в разрезе, свита формируется в определенный этап геологического развития участка земной коры, проявляющийся в своеобразии осадконакопления (включая фациально-генетические особенности, ритмичность, текстуру пород и т.д.), комплекса остатков организмов, тектонической и вулканической деятельности, характера метаморфизма, а в ряде случаев — геохимических или петрофизических характеристик, каротажных данных, показателей климатической обстановки и др.

Свита должна отличаться достаточной устойчивостью основных литолого-фациальных и палеонтологических признаков (при наличии остатков организмов) на всей площади распространения. В географическом распространении она ограничена районом с одинаковой или сходной историей формирования пород, т.е., как правило, пределами структурно-фациальной зоны или ее части, древнего седиментационного бассейна или его части. Стратиграфический объем свиты должен оцениваться по наиболее полному ее разрезу, т.е. отвечать всему временно́му интервалу формирования пород, включаемых в состав свиты. Местами свита может быть представлена не полностью, и некоторые интервалы ее разреза (например, нижняя или верхняя часть) могут отсутствовать.

Свита должна иметь стратотип (Ст. V. 10, с. 37—38).

Чрезвычайно важный для геологической практики раздел обосновывает непреходящее значение местных подразделений. Он один из

наиболее удачных в СК 1992 г. и не вызывает существенных замечаний.

Наше толкование местных стратонов содержится в предыдущих главах книги. Поэтому мы не будем повторяться. Здесь лишь заметим, что все-таки местные подразделения так же, как региональные и общие, имеют частное обоснование, ибо распространение различных признаков в пространстве не совпадает. Кроме того, границы их диахронны, и, наконец, стратиграфический объем свиты может меняться (и обычно меняется) в пределах ее распространения.

Вероятно, в категорию местных подразделений следовало бы включить и большинство специальных (по СК, 1992) подразделений.

5.2.4. Специальные стратиграфические подразделения

В первом издании СК (1977) специальные подразделения именовались *стратонами частного обоснования*, или *вспомогательными*. В этой группе были рассмотрены лишь биостратиграфические и литостратиграфические, хотя в Ст. II.5 указывалось, что «критерием установления ...могут быть любые выбранные отличительные признаки, которые позволяют выделить данное подразделение в разрезе и на площади» (с. 18).

В СК 1992 г. количество специальных подразделений резко расширено. Отмечается, что «специальные стратиграфические подразделения являются единицами частного обоснования и устанавливаются с помощью отдельных методов. Они часто используются в качестве вспомогательных к основным подразделениям при расчленении и корреляции разрезов. Некоторые из специальных подразделений картируются» (Ст. II.4, с. 24—25).

В СК 1992 г. представлено пять категорий специальных подразделений. Большинство из них рассмотрено в предыдущих главах книги. Повторим лишь, что категории лито- и биостратиграфических подразделений, вероятно, логичнее было бы включить в местные подразделения, а сейсмостратиграфические — в региональные. Что касается климатостратиграфических подразделений, то критериями их выделения являются литологические или палеонтологические особенности толщ. Интерпретация данных признаков определяет отношение отложений к той или иной климатеме, или климатолиту, или его части, т. е. эти подразделения не являются самостоятельными, и их, вероятно, в СК в качестве самостоятельной категории стратонов включать не стоит.

Магнитостратиграфические подразделения в том виде, как они представлены в СК 1992 г., также не являются самостоятельными стратонами, так как требуют для определения ранга увязки с единицами общей категории основных стратонов и с количественными

временными характеристиками. Другими словами, они не являются самостоятельными, а могут служить в таком виде лишь дополняющими другие категории и группы стратонов или контролирующими их.

Однако сам факт включения в СК 1992 г. многих категорий специальных подразделений, безусловно, положительный, отражающий современное состояние расширяющейся теоретической и практической базы стратиграфии.

5.2.5. Дополнительные стратиграфические подразделения

Дополнительные подразделения (единицы) могут быть выделены в шкалах любых групп и категорий: они обозначаются ранговыми терминами подразделений с приставками *над-* и *под-*.

Дополнительные подразделения, обозначенные ранговыми терминами с приставкой *над-*, должны включать полные объемы объединяемых подразделений, более низких по рангу. Дополнительные подразделения, обозначенные ранговыми терминами с приставкой *под-*, в сумме должны составлять полный стратиграфический объем основного подразделения.

Стратиграфические границы дополнительных подразделений должны совпадать с границами более низких по рангу таксономических подразделений той же категории (Ст. II. 5, с. 25).

Определение дополнительных подразделений в СК 1992 г. полностью совпадает с текстом первого издания (Ст. II. 6 СК, 1977) и совершенно правильно отражает их суть и возможную практическую необходимость. В этом случае не совсем понятно помещение стратонов с приставкой *под-* во все категории основных подразделений (подъярус, подгоризонт, подсвита), а также в региональные магнитополярные единицы (подзона полярности).

Помимо классификации и определений стратонов СК 1992 г. содержит правила описания и наименования подразделений, а также общие правила стратиграфической номенклатуры, публикации и авторства стратонов. Особая глава (XII) посвящена важному для многих наук *правилу приоритета*. Под ним понимают сохранение названия любой систематической единицы, данного первым автором, при условии соблюдения последним соответствующих правил (договоренностей). При этом, если для одного стратона предложено несколько названий, то вопрос о выборе названия и его авторстве решается сравнением дат опубликованных работ, в которых помещено описание стратиграфического подразделения. Соблюдение данного правила обеспечивает порядок и однозначность стратиграфических единиц, единообразие их названий и стратиграфического объема, принятого его автором. Стратиграфический объем затем может лишь уточняться.

Правилом приоритета охраняются основные и зональные биостратиграфические стратоны. Началом его применения для категории общих подразделений принят 1881 год (II сессия МГК), а для остальных отечественных — 1956 год (публикация «Стратиграфического словаря СССР» и временного положения «Стратиграфическая классификация и терминология», 1956).

СК 1992 г. содержит восемь приложений. Они регламентируют и объясняют: 1) правила выбора описания стратотипов; 2) ТГСГ; 3) опорных стратиграфических разрезов; 4) правила образования и правописания названий стратиграфических подразделений; 5) ОСШ (принятая МСК на время публикации СК); 6) правила составления стратиграфических и других схем (с объяснительными записками) для территории страны и ее регионов; 7) организацию и проведение межведомственных региональных стратиграфических совещаний; 8) общие ритмо- и климатостратиграфические подразделения.

5.3. Стратиграфический кодекс России, 2006 г.

После широкого обсуждения различных современных проблем и правил отечественной стратиграфии, проведенного главным образом в 2002—2004 гг., было решено подготовить третье издание отечественного СК, которое вышло в свет весной 2006 г. Составителями текста были А. И. Жамойда (он же ответственный редактор), Л. Ш. Гиршгорн, О. П. Ковалевский, А. Н. Олейников, Е. Л. Прозоровская, А. Н. Храмов, В. К. Шкатова; в редакционную коллегию вошли Ю. Б. Гладенков, А. Н. Олейников, Е. Л. Прозоровская, А. Ю. Розанов, С. М. Шик. В тексте третьего издания сохранена принципиальная позиция верности «европейской школе» или тенденции «единства стратиграфий», что выразилось в общей преемственности его от второго и первого изданий СК. Это важное положительное обстоятельство, обеспечивающее использование СК при проведении геологических исследований.

По сравнению с предыдущим СК в рассматриваемый кодекс были внесены следующие изменения: уточнен и сокращен ряд статей, исключены необязательные советы, примечания и примеры, введение и приложения 9-12 (СК, 2006. Предисловие). В то же время сохранена общая структура СК, а основные изменения и дополнения остаются:

1. Ранговым термином, подчиненным ярусу, признана «хронозона», что следует признать важным достижением СК, 2006 (см. выше).

2. Официальным региональным подразделением признан только «горизонт». «Лона» исключена из этой категории стратонов. Это изменение представляется ошибкой третьего издания СК (см. выше).

3. Категория, называемая в СК 1992 г. «Литостратиграфические подразделения», переименована в «Морфолитостратиграфические

подразделения». В нее добавлены «гравитационные олистостромы» и «клиноформы».

4. В категории биостратиграфических подразделений упразднены термин и понятие «наслой».

5. Учитывая непринципиальные изменения большинства статей СК, 2006 (по сравнению с СК 1992), ниже мы укажем лишь самые общие особенности нового издания и приведем определения только вновь введенных терминов и понятий.

В разделе «Основные термины» введены термины «биостратиграфическая корреляция» и «стандартная зональная шкала (стандартная биостратиграфическая зональная шкала)» (они были разобраны выше).

В СК 2006 г. предусмотрены две группы стратиграфических подразделений — основные и специальные. Группы делятся на категории, для каждой из которых определены таксономические единицы, обозначаемые ранговыми терминами.

Основные стратиграфические подразделения (табл. 5.2) являются главными картируемыми элементами геологических карт разного масштаба. Категории основных стратонов отражают их географическое распространение: потенциально планетарное, региональное или местное (в пределах геологического района).

Специальные стратиграфические подразделения (табл. 5.3) являются единицами частного обоснования и устанавливаются с помощью отдельных методов.

Дополнительные подразделения могут быть выделены в шкалах любых групп и категорий; они обозначаются ранговыми терминами подразделений с приставками *над-* и *под-*.

«Стратиграфические подразделения, относящиеся к разным группам и категориям, являются самостоятельными, то есть... не зависят от соотношений с подразделениями других категорий» (СК, 2006, Ст. II.6, с.19).

СК 2006 г. содержит пять приложений:

первое объединяет три таблицы ОСШ, отвечающие наиболее современным (на момент издания) решениям МСК, — четвертичной системы, фанерозоя и докембрия;

второе посвящено выбору и описанию стратотипов (оно испытало, по сравнению с СК, 1992, серьезную редакторскую правку);

третье представляет собой «Правила образования и правописания названий стратиграфических подразделений»;

четвертое содержит «Правила составления стратиграфических схем»;

пятое — новое приложение, отсутствующее в прежних изданиях СК: «Рекомендации к использованию Стратиграфического кодекса России с учетом требований Петрографического кодекса»; в нем предлагается обязательный учет и соответствие требованиям терминологии петрографического кодекса при изучении магматических,

Таблица 5.2

Основные стратиграфические подразделения (СК, 2006)

Общие	Региональные	Местные
Акротема Эонотема Эратема Система Отдел Ярус Раздел* Хронозона Звено Ступень	Горизонт Слои с географическим названием	Комплекс Серия Свита Пачка

* Раздел, звено и ступень используются для отложений четвертичной системы; возможно их применение для неогеновых отложений.

Таблица 5.3

Специальные стратиграфические подразделения (СК, 2006)

Морфолитостратиграфические	Биостратиграфические	Климатостратиграфические	Магнитостратиграфические	Сейсмостратиграфические
Органогенные массивы Олистостромы Клиноформы Стратогены	Биостратиграфические зоны различных видов Ареальные зоны Слои с фауной или флорой	Климатолит Стадиал	Мегазона Гиперзона Суперзона Ортозона Субзона Микрозона	Сейсмокомплексы

метаморфических и вулканогенно-осадочных (осадочно-вулканогенных) горных пород.

5.4. Североамериканский стратиграфический кодекс 1983 г.

Из всех государств США первыми в 1933 г. приняли свой СК. С тех пор для территории Северной Америки выходило еще три издания кодекса — в 1961, 1970 и 1983 гг. Все они отражали тенденцию «множественных стратиграфий», ставшую постепенно господствующей в мировом сообществе (верность тенденции «единой стратиграфии» кроме России сохраняют Германия, Франция, Великобритания и некоторые другие страны). СК Северной Америки, 1983 подготовлен под

Таблица 5.4

Категории и подразделения стратиграфической классификации, принятые в Североамериканском СК, 1983

А. Материальные подразделения

Литостратиграфические (Lithostratigraphic)	Литодемические (Lithodemic)		Магнитополярные (Magnetopolarity)	Биостратиграфические (Biostratigraphic)	Педостратиграфические (Pedostratigraphic)	Аллостратиграфические (Allostratigraphic)
Надгруппа (Supergroup) Группа (Group) Формация (Formation) Пачка (Member) Слой (и) или поток Bed (s) or Flow (s)	Надсвита (Supersuite) Свита (Suite) Литодема (Lithodeme)	Комплекс (Complex)	Надзона полярности (Polarity Super-zone) Зона полярности (Polarity Zone) Подзона полярности (Polarity Subzone)	Биозона (интервал, комплексная зона, эпиболь) (Biozone: Interval, Assemblage or Abundans) Подбиозона (Subbiozone)	Геосоль (Geosol)	Аллогруппа (Allogroup) Аллоформация (Alloformation) Аллопачка (Allomember)

Хроностратиграфические (Chronostratigraphic)	Геохронологические и геохронометрические (Geochronologie, Geochronometric)	Полярно-хроностратиграфические (Polarity chronostratigraphic)	Полярно-хронологические (Polarity chronologic)	Диахронические (Diachronic)	
Эонотема (Eonothem) Эратема (Erathem) Надсистема (Supersystem) Система (System) Подсистема (Subsystem) Отдел (Series) Ярус (Stage) Подъярус (Substage) Хронозона (Chronozone)	Эон (Eon) Эра (Era) Надпериод (Superperiod) Период (Period) Подпериод (Subperiod) Эпоха (Epoch) Век (Age) Подвек (Subage) Хрон (Chron)	Надзона полярности (Polarity Superchronozone) Хронозона полярности (Polarity Chronozone) Подхронозона полярности (Polarity Subchronozone)	Надхрон полярности (Polarity Superchron) Хрон полярности (Polarity Chron) Подхрон полярности (Polarity Subchron)	Диахрон (Diachron)	Эпизод (Episode) Фаза (Phase) Интервал (Span) Клин (Cline)

руководством Стивена С.Ориеля (Oriel) и имеет название «North American Stratigraphic Code. North Commission on Stratigraphic Nomenclature» (Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol. — 1983. — Vol. 67. — N 5. — P. 841—875).

Североамериканский СК применим ко всем породам Земли, внеземных тел и к некоторым предметам потребления. Все подразделения впервые разделяются на два класса: на единицы с наблюдаемыми материальными признаками и на подразделения, основанные на наших предположениях или интерпретациях (табл. 5.4). Под стратиграфическим подразделением в нем понимается естественно залегающее тело горной породы или породного материала, отличающее их от соседней породы каким-нибудь установленным свойством или свойствами.

Термин «корреляция» употребляется в значении соответствия стратиграфических подразделений как по какому-либо свойству, так и по их стратиграфическому положению (как в отечественном СК, 1992). Подразделения, определенные по одному свойству (состав, структура, окаменелости, признаки магматизма, радиоактивность, сейсмическая скорость, возраст), обычно не совпадают, и потому необходимы отличительные термины, для того чтобы представлять, с подразделениями какого свойства имеешь дело. (Последнее утверждение принципиально отличает положения Североамериканского СК от отечественного для основных его подразделений. Специальные стратоны Российского СК соответствуют требованиям Североамериканского СК.)

Ниже кратко рассмотрим классы, категории и основные единицы каждой категории Североамериканского СК, 1983. Отметим при этом, что кодекс в основном посвящен *официальным* стратонам. Это такие единицы, наименования которых даны в соответствии с установленной схемой классификации и выражены ранговыми терминами (пишутся с заглавной буквы). Кроме них предлагается широко использовать *неофициальные* стратоны (свободного пользования в нашем понимании), которые провозглашены «зеленой улицей для нововведений» (Ковалевский, 1984).

5.4.1. Класс материальных категорий

Подразделение основано на содержании присущих материальным категориям свойств или физических границ.

Категория литостратиграфических подразделений

Литостратон[1] — определенное тело осадочных, экструзивных, магматических, метаосадочных или метавулканических пластов, которое различается и ограничивается на основании литологических признаков и стратиграфического положения. Оно обычно согласуется с законом суперпозиции и имеет стратифицированную пластовую форму.

[1] Ниже приводятся определения только основных стратонов категории. Все единицы более высокого ранга — целая сумма подразделений более низкого ранга, все единицы более низкого ранга — целая часть подразделений более высокого ранга.

Границы проводятся в местах литологических изменений, основаны на литологических критериях, которые представляют наибольшее единство и полезность.

Формация — основное подразделение в литостратиграфической классификации. Это тело горной породы, определенное по литологическим признакам и стратиграфическому положению; формация в основном слоистая, но не обязательно картируется на поверхности Земли или прослеживается под ее поверхностью. Должна иметь стратотип. Официальное название составное: из географического названия (стратотипической местности или пункта стратотипа), литологического термина и слова «формация» (например, формация песчаников Квин). Формация соответствует свите в отечественной стратиграфии.

Категория литодемических подразделений

Литодемическая единица — определенное тело, в основном интрузивное, сильно деформированных или метаморфизованных пород, выделяется и определяется на основании характеристики горных пород. Обычно не согласуется с законом суперпозиции. Контакты могут быть седиментационными, экструзивными, интрузивными, тектоническими или метаморфическими.

Литодема — основная единица. Тело интрузивной, сильно деформированной или метаморфической природы, обычно не слоистое и не имеющее первичных осадочных структур и характеризующееся литологической (петрографической) однородностью. Картируется на поверхности Земли и прослеживается под ней. Должна иметь типичный район. Название объединяет географический термин с петрографическим или описательным (например, гранит Килларней, плутон Адамант, сланцы Манхеттен).

Категория магнитостратиграфических подразделений

Магнитостратиграфическое подразделение — тело горной породы, объединенное специфическими остаточно-магнитными свойствами, отличающимися от вмещающих единиц с иными магнитными свойствами. Границами служат уровни изменений полярности или переходные зоны полярности.

Зона полярности — подразделение породы, которое характеризуется полярностью остаточной намагниченности. Зона полярности должна обладать некоторой степенью внутренней однородности. Название состоит из географического названия и термина «зона полярности». Последний может быть видоизменен: нормальная, обратная, смешанная (например, зона прямой полярности Брюнес).

Термин «*магнитополярная зона*» скорее следует употреблять в случаях наличия риска смешения с другими видами полярности (остаточной намагниченности).

Категория биостратиграфических подразделений

Биостратиграфическое подразделение — геологическое тело, определенное или охарактеризованное содержанием в нем ископаемых остатков. Основное подразделение — *биозона* (биостратиграфическая зона в Российском СК), последняя может быть нескольких видов. Границы диахронные, определяются лишь крайними положениями зональных биофоссилий. Должны иметь стратотип. Название составное: из одного или двух названий характерных таксонов, распространение которых ограничено биозоной, достигает пика своего распространения или общего стратиграфического перекрытия, и термина, соответствующего типу биозоны (например, зона распространения Kosmoceras jason).

Категория педостратиграфических подразделений

Педостратон (рис. 5.1) — геологическое тело, состоящее из одного или более педологических горизонтов, развитых на одном или более лито-, алло- или литодемических подразделениях и перекрытых одним или более формально определенных лито- или аллостратиграфических подразделений. Основное и единственное подразделение — *геосоль*. Название производится от географического названия и термина «геосоль» (например, геосоль Solum).

Рис. 5.1. Соотношения педостратона и педологического профиля почв (Североамериканский СК, 1983).

Нижняя граница геосоли — подошва горизонта В, так как основание горизонта С не выражено физически. В других случаях она может быть подошвой горизонта С

Категория аллостратиграфических подразделений

Аллостратон (рис. 5.2, 5.3) — картируемое стратиморфное тело осадочной породы, определяемое на основании ограничивающих его нарушений непрерывности (несогласий). Основное подразделение — *аллоформация*.

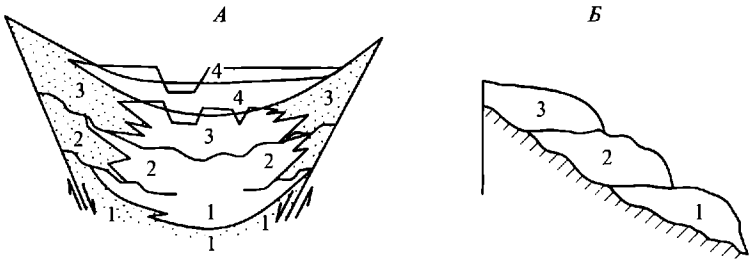


Рис. 5.2. Аллостратоны (цифры) в аллювиальных и озерных отложениях в грабене (*А*) и литологически сходные следы трех последовательных оледенений на одном литостратоне (*Б*) (Североамериканский СК, 1983)

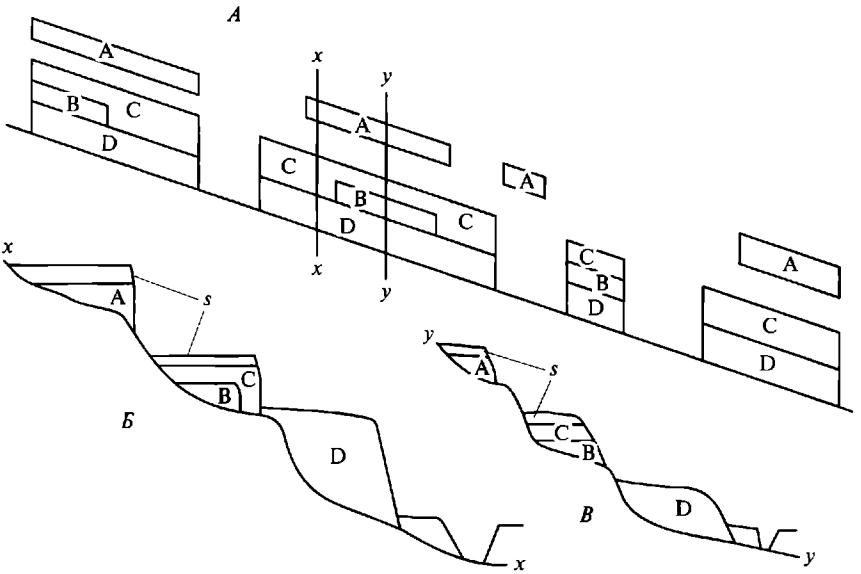


Рис. 5.3. Аллостратоны (A—D) — отложения террас (Североамериканский СК, 1983):

А — продольный профиль террас, спроектированный на ось современной речной долины; *Б*, *В* — поперечное сечение борта долины по *x-x* и *y-y* соответственно; *s* — надпойменные террасы

5.4.2. Класс временны́х и связанных с ними хроностратиграфических подразделений

Данные стратоны скорее концептуальны, чем материальны. Они базируются на материальных стандартах. Среди них различают *изохронные* и *диахронные*.

Изохронные подразделения

Категория хроностратиграфических подразделений

Хроностратон — геологическое тело, призванное служить материальным эталоном для всех пород, образовавшихся в течение одного и того же промежутка времени. Каждая его граница является синхронной. Хроностратон также является эталоном геохрона. Границы должны определяться в выбранном стратотипе (лимитотипе — в российском СК) на основании наблюдаемых палеонтологических или физических признаков горных пород. Определяется формально только подошва хроностратона, ибо его кровля — подошва следующего.

Ранговые единицы: эонотема, эратема, система, отдел, ярус. Хронозоны — не иерархические подразделения. Они, а также ярусы, в сумме необязательно равны подразделениям более высокого ранга и необязательно смыкаются (важное отличие от Российского СК).

Система — основное подразделение (в Российском СК — ярус) крупного ранга всемирного распространения. «Породы, включенные в систему, представляют собой временной интервал и эпизод в истории Земли, достаточно большой для того, чтобы служить всемирным хроностратиграфическим подразделением» (Ковалевский, 1984).

Временной эквивалент системы — *период*.

Категория геохронологических подразделений

Геохрон — подразделение времени, традиционно выделяемое на основании литологии пород, выраженной в хроностратонах. Геохрон — не стратон (не материальное подразделение), но соответствует промежутку времени установленного хроностратона, и его начало и конец соответствуют подошве и кровле эталона.

Категория полярно-хроностратиграфических подразделений

Полярно-хроностратон — геологическое тело, которое содержит первичную магнитополярную запись, наложенную, когда порода отлагалась или кристаллизовалась в течение специфического интервала

геологического времени. Границы проводятся на уровнях смены полярности или переходных зон полярности.

Хронозона полярности состоит из пород специфичной первичной полярности; основное подразделение всемирной полярно-хроностратиграфической классификации.

Категория полярно-хронологических подразделений

Хрон полярности — основное подразделение, определяющее промежуток времени хронозоны полярности.

Диахронные подразделения

Диахронные подразделения — временны́е подразделения, соответствующие материальным аллостратонам, педостратонам, большинству лито- и биостратонов. Они охватывают неравные промежутки времени, представленные литологическими и другими стратонами или их ассоциациями. Границы — время начала и конца материального эталона в рассматриваемом месте.

Диахрон — основное неиерархическое подразделение. Единицы: *эпизод*, *фаза*, *интервал*, *клин*, ранг которых определяется соответствием материальному стратону, а не каким-то промежутком времени.

Геохронометрические подразделения

Устанавливаются на основании непосредственного подразделения геологического времени, выраженного в годах. Абстрактны, так как не материальны. Границы выбраны произвольно или по согласованию.

Основные различия Североамериканского и Российского СК следующие: 1) менее обязательное следование статьям Североамериканского СК учреждениями геологической службы Северной Америки; 2) полная независимость подразделений различных категорий стратонов друг от друга в Североамериканском СК в отличие от соотношения частного к общему основных стратонов в Российском СК; 3) большее количество классов и категорий стратиграфических подразделений в Североамериканском СК; 4) признание основной единицей *системы* в категории хроностратиграфических подразделений в Североамериканском СК; в Российском СК в категории общих (хроностратиграфических) подразделений основная единица — *ярус* (конкретнее и точнее); 5) в той же категории Североамериканского СК ярус и хронозона не являются соподчиненными ранговыми единицами, что делает непонятным их включение в категорию и затрудняет понимание содержания и объемов единиц более высокого ранга.

5.5. Международное руководство по стратиграфии, 1994 г.

Помимо национальных СК, так или иначе регламентирующих геологические работы в пределах конкретных государств, МКС разработала «Международное руководство по стратиграфии» (ISG) для взаимопонимания и сотрудничества в воссоздании «общей картины слоев Земли».

Первое руководство было опубликовано в 1976 г. под редакцией и при энергичнейшем участии одного из лидеров мировой стратиграфии Х. Д. Хедберга (в переводе на русский язык «Международный стратиграфический справочник», 1978).

В 1994 г. появилось второе, дополненное и переработанное издание руководства, главным редактором которого стал А. Сальвадор — председатель Международной подкомиссии по стратиграфической классификации (вице-председатель редакционной комиссии первого издания). Новое руководство сохранило преемственность от первого, оно не является кодексом, а носит рекомендательный характер. В главе 1 (Введение) сформулирована основная цель руководства: способствовать международному соглашению о принципах стратиграфической классификации, разработать общеприемлемую в международном масштабе стратиграфическую терминологию и правила ее применения для развития международных связей, сотрудничества, взаимопонимания и повышения эффективности стратиграфических работ во всем мире (ISG, 1994, с. 2).

Указывается, что ISG призван информировать, предлагать и рекомендовать, а не заставлять.

Глава 2 посвящена принципам стратиграфической классификации. В ней, как и в первом издании, обосновывается несколько категорий стратонов (табл. 5.5), выделенных по разным признакам (свойствам), единицы которых не совпадают между собой и различаются своей терминологией. Наиболее важными признаются лито-, био- и хроностратиграфические категории.

ISG характеризует лишь официальные (formal) подразделения; не вошедшие в него, не используемые в стратиграфии виды единиц (минералогические, экологические и др.) оцениваются как «пока неофициальные» (so far unformal).

Глава 3 посвящена основным определениям и практике применения стратиграфических подразделений. Там, в частности, утверждается, что интересы стратиграфии охватывают все типы горных пород — осадочные, магматические и метаморфические.

Стратиграфическое подразделение — это тело горных пород, признаваемое как подразделение (определенная реальность) в классификации пород Земли, основанное на одном из многих свойств и качеств, которыми обладают породы (здесь и далее цит. по: Стратиграфические кодексы..., 1996, с. 56).

Таблица 5.5

Категории и подразделения стратиграфической классификации в ISG, 1994 (Жамойда и др., 1996)

	зоны распространения — Range zones, интервал-зоны — interval zones, зоны родословной — Lineage zones, комплексные зоны — Assemblage zones, зоны изобилия — Abundance zones, другие виды зон
Магнитополярная — Magnetostratigraphic polarity	Зона полярности — Polarity zone
Другие (неофициальные) стратиграфические категории (минералогические, стабильных изотопов, экологические, сейсмические и др.)	Зона (с соответствующей приставкой или прилагательным)
Хроностратиграфическая — Chronostratigraphic	Эонотема — Eonothem Эратема — Erathem Система — System Отдел — Series Ярус — Stage Подъярус — Substage (Хронозона) — (Chronozone)

Здесь же разбираются правила выделения стратонов, номенклатурные вопросы, проблемы ревизии стратонов и др.

Глава 4 рассматривает стратотипы и различные их виды и требования к ним (типичность, подробная географическая привязка и геологическая характеристика, доступность). Введен (как в Российском СК, 1992 и 2006 гг.) стратотип границы: конкретный разрез слоев горных пород, в котором выделена конкретная точка, служащая стандартом, для определения и распознавания стратиграфической границы (с. 56).

Стандартом подразделений магматических и глубоко метаморфических пород признано *типовое местонахождение*: ...конкретное местонахождение, где подразделение было впервые установлено и названо как стандарт его определения (с. 57). Границы хроностратонов (общих в Российских СК 1992 и 2006 гг.) утверждаются МКС.

Главы 5—9 посвящены различным категориям стратиграфических подразделений. Как и в Международном руководстве 1976 г., в основе лежат представления американских стратиграфов (см. выше).

При характеристике литостратонов указывается, что они являются основными при геологическом картировании, в особенности основная единица категории — *формация*. Не рекомендуется название «свита» для единиц магматической и метаморфической природы (как предлагалось в Североамериканском кодексе, 1983).

Введена глава о подразделениях, ограниченных несогласиями: ... это породные тела, ограниченные снизу и сверху значительными и узнаваемыми нарушениями в стратиграфической последовательности (угловые и параллельные несогласия, диастемы) преимущественно регионального и внутрирегионального распространения (рис. 5.4). ...Диагностическим критерием таких подразделений служат только два определимых, т.е. узнаваемых, пограничных несогласия (с. 59).

Основной единицей признается ***синтема*** (с географическим названием), которая может делиться на субсинтемы и объединяться в суперсинтему.

Особо следует отметить изменение стратиграфических принципов для докембрийских образований. Если в Руководстве 1976 г. и в отечественном СК, 1977, 1992 и 2006 гг. постулировался единый с фанерозоем подход к выделению стратонов, то в Руководстве 1994 г. подразделения докембрия рассматриваются как геохронологические (а не хроностратиграфические). Они представляют собой произвольные временные единицы, имеющие различную длительность.

ISG, 1994 предлагает использование местных и региональных хроностратиграфических подразделений, устанавливаемых по правилам стратонов ССШ. Хроностратоны выделяются преимущественно путем выбора стратотипа их подошвы (которая одновременно служит кровлей подстилающей единицы). ТГСГ хроностратиграфического подразделения должна удовлетворять следующим условиям: находить-

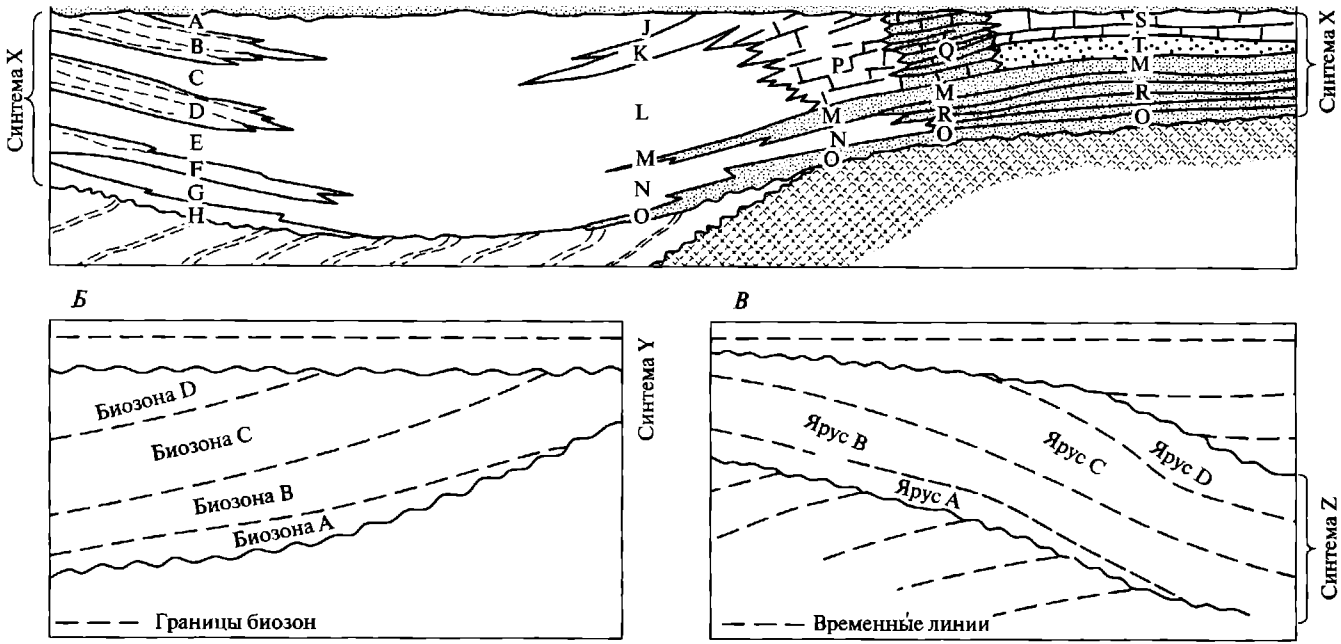


Рис. 5.4. Соотношения подразделений, ограниченных несогласиями с литостратонами (*А*), биостратонами (*Б*), хроностратонами (*В*) (А. И. Жамойда и др., 1996)

ся в непрерывном разрезе морских отложений без существенных изменений литологических и палеонтологических особенностей пород; должна быть хорошая охарактеризованность биофоссилиями руководящих групп; предпочтительны минимальная тектоническая нарушенность и метаморфизм; в ТГСГ или вблизи нее должны находиться критерии различной природы, увеличивающие ее корреляционный потенциал (маркирующие горизонты, магнитополярные горизонты и др.). Выбирая место ТГСГ, следует также учитывать исторический приоритет и традиции. Стратотипический разрез необходимо всесторонне изучать, обязательно публикуя результаты исследований.

Работу по установлению ТГСГ ССШ координирует и утверждает МКС.

В последней главе Руководства (1994) рассматриваются проблемы соотношений стратиграфических подразделений разных категорий. По сравнению с первым изданием руководства, в котором разбирались лито-, био- и хроностратоны, к ним добавлены объективные единицы, ограниченные несогласиями, и магнитополярные. Каждая категория характеризует различные свойства и признаки слоев и определенные отдельные эпизоды истории Земли, однако именно история планеты делает их взаимосвязанными. Устанавливая особенности интересующего стратиграфического интервала разреза литосферы для относительно обширного пространства (от региона до поверхности земного шара), неизбежно приходится использовать стратоны различных категорий, наиболее четко проявленных в отдельных участках. При этом ведущими при корреляции признаются биостратиграфические и магнитополярные методы.

Прослеживая тот или иной хроностратиграфический уровень, «нет никакой необходимости использовать все возможные типы стратиграфических подразделений и методов, которые потенциально пригодны, но в определении стратиграфии как науки и сферы ее действия должны быть открыты пути для использования любого метода и любого типа подразделений» (Международный стратиграфический справочник, 1978, с. 125).

Международное руководство по стратиграфии 1994 г. было согласовано с 75 национальными и международными организациями стратиграфов. Тем самым оно выражает преимущественно мнение большинства специалистов, хотя ряд положений критиковались отдельными учеными или организациями. Руководство отражает приверженность тенденции «множественных стратиграфий», или «американской стратиграфической школы». Вместе с тем, оно содержит ряд положений, которые сближают его с «европейской стратиграфической школой» и, в частности, с российскими стратиграфами.

А. И. Жамойда (Стратиграфические кодексы ..., 1996) отмечал, что, несмотря на постулируемую независимость единиц различных стратиграфических категорий, «все характеристики взаимно допол-

няют друг друга». ТГСГ выбирается не как определенная точка в конкретном разрезе, а как *уровень в конкретном разрезе слоев горных пород*. Выделение литостратонов определяется не только литологическими особенностями, но и стратиграфическим положением толщи. Ярус признается «базисной работающей единицей», основным подразделением ССШ, а также признаются региональные и местные стратоны хроностратиграфической природы.

Таким образом, как со стороны Российского МСК, так и со стороны Международной подкомиссии по стратиграфической классификации, возглавляемой сторонниками «американской школы», наблюдается явная тенденция к сближению взглядов, что, безусловно, должно облегчить взаимопонимание специалистов разных стран.

Опубликованный в 1994 г. Международный стратиграфический справочник, в отличие от изданного в 1976 г., получил сравнительно малое распространение за пределами США. Его приобретение было относительно дорого. В частности, в нашей стране имеется всего несколько экземпляров на английском языке. Чтобы сделать этот справочник более известным и доступным, в журнале «Эпизоды» (Episodes, 1999) была представлена краткая его версия под редакцией М. А. Мерфи и А. Сальвадора (M. A. Murphy and A. Salvador). В 2002 г. она вышла в русском переводе под редакцией Ю. Б. Гладенкова.

Основная идейная база полной версии в кратком изложении была полностью сохранена, в ней не изменены структура, наименование всех разделов и многие определения стратиграфических терминов, широко используемых зарубежными специалистами.

Заключение

Современное состояние нашей планеты, ее строение, климат, рельеф, глубинные и поверхностные процессы — результат длительной истории Земли, в течение которой направленно изменяются все стороны ее существования.

Основу изучения современных состояний природы составляет геология — наука, раскрывающая эволюцию земных веществ от момента возникновения земного шара до современности. Воссоздание истории требует инструмента измерения историко-геологического процесса, который мог бы расставить отдельные события (или явления) в определенной последовательности и сопоставить одновременные их проявления в каждом конкретном месте. Таким инструментом является *наука стратиграфия* — безусловный *фундамент*, *основа геологии*. Именно стратиграфические построения позволяют затем наметить историко-геологические этапы, значение и очередность каждого из них.

Любые этапы или стадии, охватывая какой-то промежуток времени, оставляют в земной коре какие-то результаты тех процессов, которые тогда происходили. Самих процессов мы наблюдать не можем, не можем в большинстве случаев и воспроизводить их в эксперименте. Мы судим о них по фактам, запечатленным в геологических объектах. Именно факты — главный предмет стратиграфии, поэтому «событийная стратиграфия», «экостратиграфия», «этапостратиграфия» и другие направления, основанные на интерпретации, часто достаточно субъективной, на самом деле не являются собственно стратиграфией. Данные направления вытекают из стратиграфических построений, объясняют их, далеко не всегда безупречно, и, по сути своей, представляют собой прерогативу уже другой науки — исторической геологии.

Объект исследования стратиграфии — стратоны, т. е. объединения горных пород, в которых более или менее отчетливо выражаются различные качества: минеральный состав, текстуры, органические остатки, ориентировка ферромагнетиков, скорость прохождения сейсмических волн, элементарный состав образований и др. Однако все эти качества распространены в толщах неравномерно, и объединяются в зависимости или от наиболее ясно проявленной особенности, или от решаемой геологом задачи. Безусловно, проявления различных породных качеств связаны друг с другом, но связь эта далеко не прямая (что легко устанавливается при относительно тщательном анализе объекта), поэтому границы проявления каждого из

них обычно не совпадают. Поэтому объективное расчленение разреза по литологии, биофоссилиям, геофизическим или геохимическим данным более или менее расходится. Основанием же для каждого расчленения служит избранный признак.

Следовательно, каждый стратон соответствует распространению какого-либо признака в разрезе. Именно распространение последнего определяет объем и положение данного стратона в пространстве: вещественные признаки — свиты или толщи, определенный комплекс окаменелостей — биостратиграфической зоны, преобладание определенной ориентировки магнитных частиц в породе — магнитополярной зоны и т. п. Другими словами, *обоснование стратона всегда частное*.

Казалось бы, что хроностратоны, объединяющие самые различные по своим характеристикам образования, требуют комплексного обоснования. Но ведь на самом деле они выделяются на основании не каких-нибудь материальных признаков, а на выявлении соответствия по положению в разрезе литосферы стратотипу или (в настоящее время для общих подразделений), интервалу разреза, ограниченному уровнями, проходящими через смежные ТГСГ. Следовательно, и *хроностратоны имеют частное обоснование*. А вот выделение хроностратиграфических единиц или выяснение распространения в пространстве действительно комплексное и при корреляции последовательно используются самые разные признаки.

Несмотря на то что все собственно стратиграфические подразделения имеют частные обоснования, стратиграф обязан быть широко образованным геологом, который мог бы изучать геологические объекты комплексно, фиксируя наличие и распространение в разрезе максимального количества признаков и оценивая значение каждого. Результат подобного анализа и последующего синтеза, как правило, непосредственно сказывается на качестве проводимых исследований. Будь то геологическая или другая специальная карта, поиски месторождений минерального сырья или строительство инженерного сооружения.

Еще один вопрос является причиной многих дискуссий и разночтений в понимании стратиграфического подразделения. Что представляет собой стратон: отражение естественного историко-геологического этапа в развитии участка, региона или всей Земли или это искусственное объединение какой-то части разреза для удобства получения определенного результата?

«Толковый словарь» под ред. Б. В. Введенского (1955, т. 3, с. 702) определяет этап как: 1) «промежуток времени, отмеченный какими-либо событиями» или 2) «отдельную стадию какого-либо процесса». Стратиграфия же имеет дело не со временем, не с процессом или событием, а с результатом какого-то процесса или события, совершившегося в какое-то прошедшее время. Результаты любого этапа в любой сфере, кстати, как и сами процесс или событие, выражаются

повсеместно отнюдь не одинаково. Где-то они выражены хорошо и охватывают значительный отрезок времени, где-то — плохо и коротко, а где-то и совсем не выражены.

То же и со стратонами. Местные подразделения (включая специальные по СК, 1992), безусловно, материализованные естественные этапы развития данного качества в конкретном месте. Но и в пределах участка присутствие практически каждого качества охватывает различный интервал разреза и имеет различную степень выраженности. Эта особенность определяет диахронность границ этих стратонов и, соответственно, невозможность различать в них стратиграфические и латеральные границы.

Что касается хроностратиграфических подразделений (региональных в СК, 1992), то они чаще всего естественны лишь в своих стратотипических разрезах. Чем шире распространяется данный горизонт или лона, тем он более искусственный, так как в пределах объема подразделения расположен дальше от проявления основного качества.

Наши представления о сущности общих подразделений (по СК, 2006 или ССШ) менялись в ходе прогресса стратиграфии. На первых порах их в основном считали овеществленными глобально проявившимися этапами развития земной коры (системами или суперсистемами в понимании Международного руководства 1994 г.). Затем, в XIX и XX вв. (до 70-х гг.), они понимались как выражение естественных лито- или, чаще, биостратиграфических этапов одного из районов Западной Европы. Но если во Франции, Англии или Германии вблизи стратотипа они действительно соответствовали распространению ведущего породного или палеонтологического признака (-ков), то вдали от характерного типа разреза это соответствие находилось все труднее и затем вообще терялось. Отсюда представление о региональном распространении ярусов, бесконечные дискуссии о месте проведения ярусных, системных и других границ, предложения о выделении региональных отделов и ярусов, переходных слоев и т. п. Год 1972-й — переломный: это год установления стратиграфического положения границ общих подразделений через выбираемые специалистами ТГСГ (GSSP)-точки, в которых на данном уровне в пределах изучаемого максимально однообразного разреза меняется один признак — качество (преимущественно это рубеж смыкания двух палеонтологических таксонов-видов или родов). В дальнейшем именно точное стратиграфическое соответствие данному уровню принимается в качестве границы общего хроностратона в пределах всей земной коры. Таким образом, уже сейчас ССШ — искусственная конструкция, на основе которой воссоздаются истинные (одинаково обозначаемые) историко-геологические этапы и стадии развития Земли. В настоящее время ТГСГ устанавливаются для основных единиц ССШ и ОСШ — ярусов, однако в ближайшей перспективе они будут определять рубежи хронозоны и региональных стратонов (горизонтов и лон).

Значит ли все сказанное, что стратиграфия является наукой, служащей только для предварительных операций геологического исследования, и потому в перспективе обречена на отмирание (когда изобретут какой-нибудь другой метод точного датирования горных пород)? Представляется, что, конечно же, это не так. Стратиграфия навсегда сохранит свою роль фундамента геологии. Она постоянно совершенствуется, развивает свои методы, повышает точность и обоснованность построений, от которых прямо зависят результаты большинства геологических работ.

Список литературы

Аристотель. Сочинения: в 4 т. Т. 3. — М.: Мысль, 1981. — 613 с.

Афанасьев С.Л. Геохронологическая шкала фанерозоя и проблема геологического времени. — М.: Недра, 1987. — 144 с.

Басов В.А. Палеонтологические аспекты изучения юрских фораминифер / В.А. Басов, К.И. Кузнецова // Вопросы стратиграфии и палеонтологии. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2000. — С. 63—74.

Бискэ Г.С. Общая стратиграфическая шкала фанерозоя (венд, палеозой, мезозой) / Г.С. Бискэ, В.А. Прозоровский. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001. — 248 с.

Бубнов С.Н. Основные проблемы геологии. — М.: Изд-во МГУ, 1960. — 233 с.

Бюффон Ж.Л. Всеобщая и частичная естественная история: в 36 т. — СПб.: Изд-во Император. АН, 1826. — Ч. 1. — 374 с.

Геологический словарь: в 2 т. / Под ред. Т.Н. Алиховой, Т.С. Бермен, Л.И. Боровикова и др. — М.: Недра, 1973. — Т. 1. — 486 с.; Т. II. — 455 с.

Гладенков Ю.Б. Биосферная стратиграфия. Проблемы стратиграфии XXI века. — М.: ГЕОС, 2004. — 120 с.

Головкинский Н.А. О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна // Материалы для геологов России. — СПб., 1869. — Т. 1. — С. 273—415.

Даль В.И. Толковый словарь: в 4 т. — М.: ГИС, 1956. — Т. I. — 699 с.; Т. IV. — 683 с.

Данбар К. Основы стратиграфии / К. Данбар, Дж. Роджерс. — М.: Изд-во Иностранная литература, 1962. — 363 с.

Дарвин Ч. Происхождение видов. — М.: Сельхозгиз, 1952. — 483 с.

Долицкий В.А. Геологическая интерпретация материалов геофизических исследований скважин. — М.: Недра, 1966. — 387 с.

Драгунов В.И. Геологические формации. — Л.: Недра, 1973. — 24 с.

Дронов А.В. Методика событийной стратиграфии в обосновании корреляции региональных стратонов на примере нижнего ордовика Северо-Запада России / [А.В. Дронов и др.]. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. — 88 с.

Егоян В.Л. О некоторых основных положениях общей стратиграфии // Изв. АН СССР. — Сер. геол. — 1969, № 12. — С. 3—13.

Жамойда А.И. О новом издании Международного руководства по стратиграфии // Стратиграфия. Геол. корреляция. — 1996. — Т. 4, № 5. — С. 93—101.

Жамойда А.И. Обзор зарубежных стратиграфических кодексов / А.И. Жамойда, О.П. Ковалевский, А.И. Моисеева. — М.: Наука, 1969. — 103 с.

Жамойда А. И. Стратиграфические кодексы. Теория и практическое использование / А. И. Жамойда, О. П. Ковалевский, А. И. Моисеева. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1996. — 144 с.

Жинью М. Стратиграфическая геология. — М.: Изд-во Иностранная литература, 1952. — 639 с.

Итенберг С. С. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. — М.: Недра, 1972. — 312 с.

Карогодин Ю. Н. Кризис в стратиграфии: методологические и теоретические основания / Ю. Н. Карогодин, А. Л. Симанов // Философия науки. — 2004. — № 4(23). — С. 65—75; Продолжение. — 2005. — № 3(26). — С. 147—166; Продолжение. — 2006. — № 4(31). — С. 153—171.

Карпинский А. П. Собрание сочинений: в 4 т. — М.: Изд-во АН СССР, 1945. — Т. 1. — 522 с.

Келлер Б. Н. Стратиграфические подразделения // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1950. — № 6. — С. 3—25.

Ковалевский О. П. Зарубежные стратиграфические кодексы // Общая и регион. геол.; геол. картирование. Отечеств. произв. опыт. — Вып. 2 (Экспресс-информация). — М., 1984. — С. 1—25.

Кондаков Н. И. Логический словарь. — М.: Наука, 1971. — 656 с.

Корень Т. Н. Биозональный метод и его использование при ГРО-50 и -200 / [Т. Н. Корень и др.]. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995. — 75 с.

Короновский Н. В. Историческая геология / Н. В. Короновский, В. Е. Хаин, Н. А. Ясаманов. — М.: Изд-во «Академия», 2006. — 464 с.

Краткий философский словарь / Под ред. М. Розенталя и П. Юдина. — М.: Госполитиздат, 1954. — 703 с.

Криштофович А. Н. Новая система региональной стратиграфии // Сов. геол. — 1939. — Т. 9. — № 9. — С. 68—76.

Криштофович А. Н. Унификация геологической терминологии и новая система региональной стратиграфии // Матер. ВСЕГЕИ: Палеонтология и стратиграфия. — 1945. — Сб. 4. — С. 46—76.

Лайель Ч. Основные начала геологии: в 3-х т. — М., 1866. — Т. 1. — 399 с.; Т. 2. — 562 с.

Леонов Г. П. Основы стратиграфии. — М.: Изд-во МГУ. — 1973. — Т. 1. — 530 с.; 1974. — Т. 2. — 486 с.

Ломоносов М. В. О слоях земных и другие работы по геологии. — М.-Л.: Госгеолиздат, 1949. — 211 с.

Лыюров С. В. Основы стратиграфии. — Сыктывкар: Изд-во СыктГУ, 2004. — 236 с.

Международный стратиграфический справочник / Под ред. Х. Д. Хедберга. — М.: Мир, 1978. — 226 с.

Мейен С. В. От общей к теоретической стратиграфии // Сов. геол. — 1981. — № 9. — С. 58—69.

Мейен С. В. Введение в теорию стратиграфии. — М.: Наука, 1989. — 216 с.

Методические рекомендации по применению сейсморазведки ОГТ. — М.: ВНИИГеофизика, 1975. — 193 с.

Методы корреляции угленосных толщ и синонимики угольных пластов / под ред. И. И. Горского. — Л.: Наука, 1968. — 381 с.

Найдин Д. П. Граница мела и палеогена // Границы геологических систем. — М.: Наука, 1976. — С. 225—257.

Найдин Д. П. Сейсмостратиграфия и seismostratigraphy // Бюлл. МОИП. Отд. геол. — 1989. — Т. 65. — Вып. 1. — С. 14—23.

Найдин Д. П. О точности в стратиграфии // Бюлл. МОИП. Отд. геол. — 1998. — Т. 73. — Вып. 3. — С. 34—43.

Найдин Д. П. Схема биостратиграфического расчленения верхнего мела Европейской палеобиогеографической области / Д. П. Найдин, В. Н. Беньямовский, Л. Ф. Копаевич // Вестн. Моск. ун-та. — Сер. 4. — 1994. — № 5. — С. 3—15.

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.

Никитин С. Н. Международный геологический конгресс и его последние сессии в Берлине и Лондоне / С. Н. Никитин, Ф. Н. Чернышев // Горный журн. — 1889. — № 1. — С. 114—150.

Николов Т. Г. Биостратиграфия. — София: Наука и искусство, 1977. — 314 с.

Общая стратиграфия (терминологический справочник): в 2-х т. / Под ред. Ю. А. Косыгина, Ю. С. Селина, Р. Ф. Черкасова. — Хабаровск, 1979. — 842 с.

Попов А. В. Принципы стратиграфии. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 1993. — 67 с.

Практическая стратиграфия / Под ред. И. Ф. Никитина, А. И. Жамойды. — Л.: Недра, 1984. — 320 с.

Проект стратиграфического кодекса СССР / Под ред. А. И. Жамойды. — Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1970. — 55 с.

Проект стратиграфического кодекса СССР (второй вариант) / Под ред. А. И. Жамойды. — Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1974. — 41 с.

Прозоровский В. А. Верхняя юра и нижний мел Запада Средней Азии. Стратиграфия и история геологического развития. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. — 253 с.

Савельев А. А. О стратиграфических несогласиях в толще нижнемеловых отложений Мангышлака // Бюлл. МОИП. Отд. геол. — 1971. — Т. 41. — Вып. 2. — С. 68—72.

Савельев А. А. Нижнеальбские аммониты Мангышлака. Их филогения и значение для зональной стратиграфии альба Юга СССР. — СПб.: Недра, 1992. — 223 с.

Садыков А. М. Идеи рациональной стратиграфии (на примере Центрального Казахстана). — Алма-Ата: Наука, 1974. — 182 с.

Салоп Л. И. Общая стратиграфическая шкала докембрия. — Л.: Недра, 1973. — 310 с.

Симаков К. В. Очерк истории развития концепции реального геологического времени. — Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1995. — 317 с.

Симаков К. В. На пути к теоретической стратиграфии. — Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1997. — 180 с.

Симаков К. В. Введение в теорию геологического времени. Становление. Эволюция. Перспективы. — Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1999. — 556 с.

Синицын В. М. Сиаль. Историко-генетические аспекты. — Л.: Недра, 1972. — 168 с.

Соколов Б. С. Об основах стратиграфической классификации // Стратиграфическая классификация. — Л.: Наука, 1980. — С. 7—11.

Стенон Н. О твердом, естественно содержащемся в твердом. — М.: Изд-во АН СССР, 1957. — 151 с.

Степанов Д. Л. Верхний палеозой западного склона Урала (опыт биостратиграфического анализа) // Труды ВНИГРИ. Нов. сер. — 1951. — Вып. 54. — 221 с.

Степанов Д. Л. Принципы и методы биостратиграфических исследований // Труды ВНИГРИ. — 1958. — Вып. 113. — 180 с.

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

Стратиграфическая классификация и терминология / Под ред. А. П. Ротая. — М.: Госгеолтехиздат, 1956. — 28 с.

Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура / Под ред. А. И. Жамойды. — Л.: Недра, 1965. — 70 с.

Стратиграфические и геохронологические подразделения / Под ред. Л. С. Либровича. — М.: Госгеолтехиздат, 1954. — 87 с.

Стратиграфический кодекс СССР / Под ред. А. И. Жамойды, В. Н. Верещагина, В. В. Меннера и др. — Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1977. — 80 с.

Стратиграфический кодекс / Под ред. А. И. Жамойды, Ю. Б. Гладенкова, А. М. Моисеевой и др. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1992. — 120 с.

Стратиграфический кодекс России / Отв. ред. А. И. Жамойда. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. — 96 с.

Стратиграфический словарь СССР / Под ред. Б. К. Лихарева. — М.: Гос. науч.-техн. изд-во лит-ры по геологии и охране недр, 1956. — 1283 с.

Хаин В. Е. Историческая геотектоника: в 3-х кн. / [В. Е. Хаин и др.]. — М.: Недра. — Докембрий, 1988. — 382 с.; Палеозой, 1991. — 398 с.; Мезозой и кайнозой, 1993. — 451 с.

Хаин В. Е. Историческая геология / В. Е. Хаин, Н. В. Короновский, Н. А. Ясаманов. — М.: Изд-во МГУ, 1997. — 448 с.

Халфин Л. Л. Принцип биостратиграфической параллелизации // Труды СНИИГГИМС. — 1960. — Вып. 8. — С. 5—25.

Шванов В. Н. Структурно-вещественный анализ осадочных формаций. — СПб.: Недра, 1992. — 173 с.

Шванов В. Н. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов / [В. Н. Шванов и др.]. — СПб.: Недра, 1998. — 352 с.

Шиндевольф О. Стратиграфия и стратотип. — М.: Мир, 1975. — 136 с.

Шрок Р. Последовательность в свитах слоистых пород. — М.: Изд-во Иностранная литература, 1950. — 564 с.

Anthony J. W. Geological stratigraphy // Univ. Arizona Phys. Sci. Bull. — 1955. — N 2. — P. 82—86.

Australian Code of Stratigraphic Nomenclature // Australian J. Sci. — 1950. — Vol. 12. — N 5. — P. 170—173.

Chamberlin T. Ch. Diastrophism as the ultimate basis of correlation // J. Geol. — 1909. — N 6. — P. 685—693.

Cowie J. W. Guidelines and status of the International Commission on Stratigraphy / [J. W. Cowie et al.] // Cour. Forsch. Inst. Senckenberg. — 1986. — Vol. 83. — P. 1—14.

Fuchsel G. C. Historia terrae et maris, ex historia, Thuringrae, per montium descriptionem eruta // Akan. gemeinniitziger Wissenschaften zu Erfurt. — 1761. — Acta 2. — S. 44—208.

Holmes A. The age of the earth. — Nelson: London, 1937. — 263 p.

International Stratigraphic Guide / Ed. A. Salvador. Colorado: Geol. Soc. Amer. — 1994. — 214 p.

North American Stratigraphic Code. North American Commission on Stratigraphic Nomenclature // Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol. — 1983. — Vol. 67. — N 5. — P. 841—875.

Oppel A. Die Juraformation Englands, Frankreichs des sudwestlichen Deutschlands. — Stuttgart, 1856—1858. — S. 1—438.

Orbigni A. d'. Paleontologie francaise. Terrains jurassiquess. Cephalopodes — Paris: Masson, 1842—1851. — 642 p.

Remane J. Revised Guidelines for the establishment of Global chronostratigraphic standarts by the International Commission on Stratigraphy (ICS) / [J. Remane et al.] // Episodes. — 1996. — Vol. 19. — N 3. — P. 77—81.

Schindewolf O. H. Stratigraphische Methodik und Terminologie // Geol. Rundsch. — 1960. — Vol. 49. — N 1. — S. 1—35.

Seysmic Stratigraphy — Application to Hydrocarbon Exploration // Amer. Ass. Petrol. Geol. Mem. 26. — 1977. — Vol. 11. — 516 p.

Shenk H. G. Stratigraphic terminologie / H. G. Shenk, S. W. Muller // Geol. Soc. Amer. Bull. — 1941. — Vol. 52. — N 9. — P. 1419—1426.

Simpson G. G. Holarctic mammalian faunas and continental relationships during the Cenozoic // Bull. Geol. Soc. Amer. — 1947. — Vol. 58. — P. 613—688.

Smith W. A memoir of the map and delineation of the strata of England and Walls, with part of Scotland // London: J. Cary. — 1815. — 51 p.

Smith W. Stratigraphical system of organized fossils. — London: E. Williams. — 1817. — 118 p.

Teichert K. Some biostratigraphical concepts // Bull. Geol. Soc. Amer. — 1958. — Vol. 69. — N 1. — P. 99—120.

Оглавление

Предисловие автора... 3
Предисловие ко второму изданию... 5

Глава 1. История стратиграфии ... 6

Глава 2 Основные понятия в стратиграфии ... 26

2.1. Определение науки «стратиграфия» ... 26
2.2. Стратиграфические подразделения ... 28
2.3. Слой (пласт) ... 32
2.4. Стратотип ... 36
2.5. Литостратиграфические подразделения ... 37
2.6. Биостратиграфические подразделения ... 39
2.7. Хроностратиграфические подразделения ... 41
2.8. Другие виды стратонов ... 45
2.9. Основные задачи и цели стратиграфии и ее место в процессе геологических исследований ... 48
2.10. Стратиграфические термины ... 50
2.11. Стратиграфические шкалы ... 51

Глава 3. Основные принципы стратиграфии ... 54

3.1. Общегеологические принципы ... 55
3.2. Седиментологические принципы ... 58
3.3. Собственно стратиграфические принципы ... 60

Глава 4. Методы стратиграфических исследований ... 66

4.1. Литологические методы ... 66
4.1.1. Геофизические методы ... 90
4.1.2. Геохимический (хемостратиграфический) метод ... 110
4.1.3. Геохронометрические методы ... 112
4.2. Палеонтологические (биостратиграфические) методы ... 117
4.3. Хроностратиграфические методы ... 140

Глава 5. Стратиграфические кодексы ... 153

5.1. «Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура», 1965 (СКТН) ... 155
5.1.1. Подразделения единой стратиграфической шкалы ... 157
5.1.2. Вспомогательные региональные стратиграфические подразделения ... 159
5.1.3. Геохронологические (геоисторические) подразделения ... 160
5.2. Стратиграфический кодекс, 1992 г. ... 162
5.2.1. Общие стратиграфические подразделения ... 164

5.2.2. Региональные стратиграфические подразделения 167
5.2.3. Местные стратиграфические подразделения..... 169
5.2.4. Специальные стратиграфические подразделения 171
5.2.5. Дополнительные стратиграфические подразделения..... 172
5.3. Стратиграфический кодекс России, 2006 г..... 173
5.4. Североамериканский стратиграфический кодекс 1983 г..... 175
5.4.1. Класс материальных категорий 178
5.4.2. Класс временны́х и связанных с ними хроностратиграфических подразделений 182
5.5. Международное руководство по стратиграфии, 1994 г. 184

Заключение..... 190
Список литературы..... 194

Учебное издание

Прозоровский Владимир Анатольевич

Общая стратиграфия

Учебник

Редактор *Г. Г. Есакова*
Технический редактор *Е. Ф. Коржуева*
Компьютерная верстка: *Л. А. Смирнова*
Корректор *А. Б. Глазкова*

Изд. № 102113755. Подписано в печать 26.05.2010. Формат 60 × 90/16.
Гарнитура «Newton». Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,0.
Тираж 1 500 экз. Заказ № 30162.

Образовательно-издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
125252, Москва, ул. Зорге, д. 9А, стр. 2, пом. 95.
Адрес для корреспонденции: 129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1, а/я 48.
Тел./факс: (495)648-0507, 616-0029.

Санитарно-эпидемиологическое заключение №77.99.60.953.Д.007831.07.09 от 06.07.2009.

Отпечатано в соответствии с качеством предоставленных издательством
электронных носителей в ОАО «Саратовский полиграфкомбинат».
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59. www.sarpk.ru